

170 13630 US / sse

09/346,678

QAC 2812

日 本 国 特 許 庁

PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1999年 7月 2日

出 願 番 号

Application Number:

平成11年特許願第188466号

出 願 人

Applicant (s):

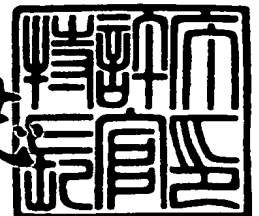
キヤノン株式会社



1999年 7月27日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

伴佐山 建志



出証番号 出証特平11-3052795

【書類名】 特許願

【整理番号】 4016002

【提出日】 平成11年 7月 2日

【あて先】 特許庁長官殿

【国際特許分類】 H01L 31/00

【発明の名称】 結晶成長方法および、半導体装置とその製造方法

【請求項の数】 9

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 岩根 正晃

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 西田 彰志

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 浮世 典孝

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 岩▼崎▲ 由希子

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社  
社内

【氏名】 水谷 匡希

【発明者】

【住所又は居所】 東京都大田区下丸子3丁目30番2号 キヤノン株式会社

社内

【氏名】 中川 克己

【特許出願人】

【識別番号】 000001007

【氏名又は名称】 キヤノン株式会社

【代理人】

【識別番号】 100096828

【弁理士】

【氏名又は名称】 渡辺 敬介

【電話番号】 03-3501-2138

【選任した代理人】

【識別番号】 100059410

【弁理士】

【氏名又は名称】 豊田 善雄

【電話番号】 03-3501-2138

【先の出願に基づく優先権主張】

【出願番号】 平成10年特許願第202887号

【出願日】 平成10年 7月 3日

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 004938

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【包括委任状番号】 9703710

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 結晶成長方法および、半導体装置とその製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 多孔質半導体上にエピタキシャル半導体層を形成する結晶成長方法において、前記多孔質半導体の主面は、(1 1 1) 面であることを特徴とする結晶成長方法。

【請求項 2】 前記主面の厳密な (1 1 1) 面からのずれが  $24'$  以内であることを特徴とする請求項 1 記載の結晶成長方法。

【請求項 3】 前記多孔質半導体は、(1 1 1) 面の主面を有する Si ウェハを陽極化成することによって形成することを特徴とする請求項 1 に記載の結晶成長方法。

【請求項 4】 結晶成長に、液相成長法を使用することを特徴とする請求項 1 に記載の結晶成長方法。

【請求項 5】 半導体基板の表面に多孔質半導体を形成し、前記多孔質半導体上に活性層として用いるエピタキシャル半導体層を形成する半導体装置の製造方法において、前記半導体基板の主面は、(1 1 1) 面であることを特徴とする半導体装置の製造方法。

【請求項 6】 前記主面の厳密な (1 1 1) 面からのずれが  $24'$  以内であることを特徴とする請求項 5 記載の半導体装置の製造方法。

【請求項 7】 光電変換に用いる活性層の主面が (1 1 1) 面であることを特徴とする半導体装置。

【請求項 8】 前記主面の厳密な (1 1 1) 面からのずれが  $24'$  以内であることを特徴とする請求項 7 記載の半導体装置。

【請求項 9】 前記活性層中に、一致しない任意の 2 本の切断線のなす角を  $\theta$  とすると、 $|\cos \theta| = 1/2$  または  $3^{1/2}/2$  の切断線があることを特徴とする請求項 7 に記載の半導体装置。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、結晶成長方法および、太陽電池などの半導体装置とその製造方法に関し、特に多孔質半導体上にエピタキシャル半導体を成長させる結晶成長方法および、半導体装置とその製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

火力発電による石油の燃焼や、自動車のエンジンによるガソリンの燃焼などにより、二酸化炭素、窒素酸化物などの地球温暖化ガスの排出が、地球環境の悪化させる原因になっている。また、将来の原油の枯渇の心配もあり、クリーンなエネルギー源として、太陽電池発電に関心が高まっている。

【0003】

薄膜結晶シリコン（Si）太陽電池は発電層が薄く、使用するSi原料が少ないので低コスト化ができる。また、結晶Siを発電層とするので、アモルファスSiなどの太陽電池に比べて、高変換効率、低劣化が期待できる。さらに、薄膜結晶Si太陽電池は、ある程度曲げることができるので、自動車のボディや家電製品や屋根瓦などの曲面部に貼って使用できる。

【0004】

この薄膜結晶Si太陽電池を実現するために、特開平8-213645号公報は、多孔質Si層上のエピタキシャル層を利用して、薄膜単結晶Siを分離することを開示している。

【0005】

図24は、該公報に開示された薄膜結晶Si太陽電池を形成する方法を表す断面図である。図中、101はSiウェハ、102は多孔質Si層、103は $p^+$ 型Si層、104は $p^-$ Si層、105は $n^+$ 型Si層、106は保護膜、109、111は接着剤、110、112は治具である。

【0006】

図24の太陽電池の製造方法では、Siウェハ101の表面に陽極化成により多孔質Si層102を形成する。その後、多孔質Si層102上に $p^+$ 型Si層（エピタキシャルSi層）103をエピタキシャル成長させ、さらにその上に $p^-$ 型Si層104と $n^+$ 型Si層105（いずれもエピタキシャルSi層）をエピ

タキシャル成長させる。そして、保護膜 106 を形成する。そして、保護膜 106 と Si ウェハ 101 に、接着剤 109, 111 を付けて治具 110, 112 に接着させる。その後、治具 110, 112 に引っ張り力 P を働かせて、多孔質 Si 層 102 で Si ウェハ 101 とエピタキシャル Si 層 103, 104, 105 を分離する。そして、エピタキシャル Si 層 103, 104, 105 を用いて太陽電池を形成し、Si ウェハ 101 は再び同様の工程に投入してコストダウンを図る。

## 【0007】

また、特開平 5-283722 号公報は、多孔質 Si 層上に液相成長法でエピタキシャル Si 層を成長させることを開示している。メルトとして Sn を用い、成長前に予め Sn 中に Si を溶解させて飽和させておく。つぎに、徐冷を開始し、ある程度の過飽和状態となったところでウェハの多孔質表面を Sn 溶液に漬け、多孔質表面上にエピタキシャル Si 層を成長させている。

## 【0008】

## 【発明が解決しようとする課題】

ところで、多孔質 Si 層上にエピタキシャル成長をさせ、太陽電池などの半導体装置を製造するとき、多孔質 Si 層上にエピタキシャル Si 層を一様な層状に形成し、エピタキシャル Si 層で多孔質 Si 層を覆い尽くすのが理想である。例えば、前述の特開平 8-213645 号公報などの方法で、多孔質 Si 上に、エピタキシャル Si 層で覆い尽くせず多孔質 Si 層が露出している部分があると、太陽電池を形成した際に電流リークのもとになり、低変換効率しか得られない。また、他の半導体装置でも同様にエピタキシャル Si 層で多孔質 Si 層を覆い尽くすことができなければ、後の工程に支障をきたす場合がある。例えば、前述の特開平 8-213645 号公報が開示している、多孔質 Si 上のエピタキシャル Si 層に CMOS 形成をする際には、エピタキシャル Si 層を一様に広げなければならない。このため、多孔質 Si 層上に一様に広がったエピタキシャル層を歩留まりよく成長させたい。

## 【0009】

しかし、多孔質 Si 層上に液相成長法でエピタキシャル Si 層を成長させた場

合、(100)面を主面としたSiウェハを使用すると、多孔質Si上にピラミッド状の異常成長がおこり、エピタキシャルSiが多孔質Si層を覆い尽くさず、多孔質Si層が露出したままであることがある。

#### 【0010】

つまり、図23(a)に示す走査型電子顕微鏡(SEM)の断面写真のように、表面にピラミッド状の異常成長がおこる。図23(a)において、実線Aより下部は断面で、実線Aより上部は表面である。ピラミッド状に見えるのは、エピタキシャルSi領域で、そのピラミッド状のエピタキシャルSi領域の間に、多孔質Si層の表面が見えている。図23(b)は、図23(a)より拡大した断面写真で、やはり実線Aより下部は断面で、実線Aより上部は表面である。図23(b)により、ピラミッドのすぐ下部に穴の空いた多孔質Si層があり、エピタキシャルSiで多孔質Si層が覆いつくせず、表面に多孔質Si層が露出していることがよくわかる。このような異常成長が起こると、この基板は、その後の工程に回すことができず、製造歩留まりが悪かった。

#### 【0011】

そこで、本発明の目的は、多孔質層上に安定して層状のエピタキシャル半導体層を形成できる結晶成長方法と、その結晶成長方法を応用した歩留まりのよい半導体装置の製造方法を提供することである。また、製造歩留まりのいい半導体装置を提供することである。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

以上の課題を解決するために、本発明者らが鋭意努力した結果、以下の発明を得た。すなわち、本発明の結晶成長方法は、多孔質半導体上にエピタキシャル半導体層を形成する結晶成長方法において、前記多孔質半導体の主面は、(111)面であることを特徴とする。ここで、(111)Siウェハの表面を陽極化することによって前記多孔質半導体を形成するのが、望ましい。また、結晶成長に、液相成長法を使用するのが望ましい。しかし、気相成長に、本発明を適用してもよい。エピタキシャル半導体は、Siが望ましいが、GaAs等の化合物半導体であってもよい。

【0 0 1 3】

本発明は、半導体装置の製造方法も包含する。すなわち本発明の半導体装置の製造方法は、半導体基板の表面に多孔質半導体を形成し、前記多孔質半導体上に活性層として用いるエピタキシャル半導体層を形成する半導体装置の製造方法において、前記半導体基板の主面は、(1 1 1) 面であることを特徴とする。

【0 0 1 4】

また、本発明は半導体装置も包含する。すなわち、本発明の半導体装置は、光電変換に用いる活性層の主面が(1 1 1) 面であることを特徴とする。ここで、前記活性層中の、一致しない任意の2本の切断線のなす角を $\theta$ とすると、 $|\cos \theta| = 1/2$ または $3^{1/2}/2$ の切断線があるのが望ましい。より望ましくは、一致しない任意の2本のすべての切断線のなす角 $\theta$ が、 $|\cos \theta| = 1/2$ または $3^{1/2}/2$ を満たす。このように、活性層を切断することで、(1 1 1) 基板のへき開性をうまく使いながら、貴重なSi原料の有効利用ができる。この半導体装置は、太陽電池が望ましいが、光センサーなどの一般の半導体装置も含む。

【0 0 1 5】

なお、本発明の効果を最も大きくするためには、前記多孔質半導体の主面、前記半導体基板の主面、前記活性層の主面を厳密な(1 1 1) 面とすることが好ましいが、多少主面が厳密な(1 1 1) 面からずれていても(例えば、市販の(1 1 1) シリコン基板を用いた場合などでも) 本発明の効果をj得ることができる。即ち、一般に(1 1 1) 基板と言われているもの(厳密には(1 1 1) 面を主面としていないもの) 上に多孔質半導体層を形成した場合やかかる基板を本発明の半導体基板や活性層として用いた場合でも本発明の範囲内である。なお、主面の厳密な(1 1 1) 面からのずれは、好ましくは $24'$  以内、より好ましくは $8'$  以内、さらに好ましくは $3'$  以内である。

【0 0 1 6】

【発明の実施の形態】

本発明の実施形態について、図面を参照し詳細に説明する。実施形態を3つ説明するが、それぞれの実施形態に限らず、それぞれの組み合わせも本発明の範囲



である。

# 【0017】

## （実施形態1）

図3は、実施形態1で製造する太陽電池を示す模式図であり、（a）は斜視図、（b）は断面図である。図中、21はバスバー、22はフィンガー、23は反射防止層、24は $n^+$ Si層、25は $p^-$ Si層、26は $p^+$ Si層、27はSUS基板である。バスバー21とフィンガー22は負極側の電極となる表面電極を構成し、SUS基板27は裏面電極（正極）を構成する。 $n^+$ Si層24と $p^-$ Si層25と $p^+$ Si層26は、Si単結晶の液相成長で形成する。

# 【0018】

図4、5は、実施形態1の単結晶太陽電池の製造工程を表す模式的な断面図である。まず、図4（a）のように、（111）Siウェハ28の表面に多孔質Si層29を形成する。多孔質Si層29は、Siウェハ28の表面を陽極化成することによって形成できる。

# 【0019】

図6は、Siウェハをフッ酸系のエッチング液で陽極化成をする装置の模式的な断面図である。図中、28はSiウェハ、31はフッ酸系のエッチング液、32、33は金属電極、34はリングを表す。実施形態1では、図6（a）に示す装置を用いた。図6（a）のように下側の金属電極32を正に、上側の金属電極33を負にして両電極間に電圧をかけ、この電圧が引き起こす電界がSiウェハ28の面に垂直な方向にかかるように設置すると、Siウェハ28の上面側が多孔質化される。なお、図6（b）の装置では、電極32、33の電位を逆転させることにより、Siウェハ28の両面を多孔質化することができる。

# 【0020】

陽極化成するSiウェハ28はp型の方が望ましいが、低抵抗ならn型でもいい。また、n型のウェハでも光を照射し、ホールを生成した状態にすれば多孔質化することができる。フッ酸系のエッチング液31は、濃フッ酸（例えば49% HF）を用いる。陽極化成中は、Siウェハ28から気泡が発生するので、この気泡を効率よく取り除く目的から、界面活性剤としてアルコールを加える場合が

ある。アルコールとしてメタノール、エタノール、プロパノール、イソプロパノールなどが望ましい。また、界面活性剤の代わりに攪拌器をもちいて、攪拌しながら陽極化成をしてもいい。多孔質化する表面の厚さは、1～30 ( $\mu\text{m}$ ) がいい。

#### 【0021】

以上のような工程で、図4 (a) のように多孔質Si層29をSiウェハ28上に形成した後、図4 (b) のように、単結晶の $p^+$ Si層26を液相成長でエピタキシャル成長させる。多孔質Si層29は、穴の開いた構造であるが、その単結晶性は維持できている。このため、多孔質Si層29上のエピタキシャル成長が可能なのである。その後、図4 (c) のように、単結晶の $p^-$ Si層25をやはり液相成長で形成する。次に、図4 (d) のように単結晶の $n^+$ Si層24を液相成長で形成する。

#### 【0022】

その後、図4 (e) のようにグリッド電極21を、印刷などの方法で $n^+$ Si層24の表面に形成し、同様に不図示のフィンガー22を形成する。次に、図5 (a) のように反射防止層23をグリッド電極21と $n^+$ Si層24の上に形成する。

#### 【0023】

そして、図5 (b) のように多孔質Si層29で、太陽電池となるSi層24, 25, 26とSiウェハ28と分離する。多孔質Si層29は、Siウェハ28やエピタキシャル成長させたSi部分に比べて、脆弱な構造をしている。このため、反射防止層23の表面にテープを貼り付けて分離したり、側方からくさび、或いは水を細く絞って強い圧力で噴出させて”くさび”のように使う方法で、多孔質Si層29でSiウェハ28と単結晶Si層24, 25, 26が分離できる。

#### 【0024】

そして、図5 (c) のように $p^+$ Si層26の下面にSUS基板27を貼り合わせると、太陽電池のユニットセルが完成する。

#### 【0025】

図5 (b) の分離工程で分離した Si ウェハ 28 は、表面の多孔質 Si 層 29 を除去した後、再び図4 (a) からの工程から繰り返し使用する。このため、Si ウェハ 28 は、太陽電池のユニットセルを作製するのに何度も使われる。望ましくは、一枚の Si ウェハ 28 を 100 回以上使用して、一枚の Si ウェハ 28 から 100 個以上太陽電池のユニットセルを作製する。

## 【0026】

図2 は、3 槽型の液相成長装置を上部から見た模式図である。図中、1 はローディングチャンバー (L/C) であり、2 は水素アニール室、3 は  $p^+$ Si 層 26 の成長チャンバー、4 は  $p^-$ Si 層 25 の成長チャンバー、5 は  $n^+$ Si 層 24 の成長チャンバー、6 はアンローディングチャンバー (UL/C)、13 は基板カセットの搬送系が入るコアである。7, 8, 9 は、それぞれ  $p^+$ Si 層、 $p^-$ Si 層、 $n^+$ Si 層の成長チャンバーへ Si 原料を供給する搬送室、10, 11, 12 は、それぞれ  $p^+$ Si 層、 $p^-$ Si 層、 $n^+$ Si 層の成長チャンバー用の Si 原料の保管室である。

## 【0027】

液相成長をさせるとき、まず、表面に多孔質 Si 層 29 がある Si ウェハ 28 を入れたウェハカセット 18 をローディングチャンバー (L/C) 1 に入れる。そして、コア 13 にある搬送系を使って、ローディングチャンバー (L/C) 1 に入った基板カセットを水素アニール室 2 に移動させ、水素アニールをおこなう。その後、ウェハカセット 18 を  $p^+$ Si 層 26 の成長チャンバー 3、 $p^-$ Si 層 25 の成長チャンバー 4、 $n^+$ Si 層 24 の成長チャンバー 5 の順に移していき、図4 (b) ~ (d) のように、 $p^+$ Si 層 26、 $p^-$ Si 層 25、 $n^+$ Si 層 24 を多孔質 Si 層 29 の表面に形成する。

## 【0028】

図2 の AA' 断面図を図1 に示す。図中、14 はメルト、15 はヒーター、16 はルツボ、18 はウェハカセット、19 は垂直方向の搬送系、20 は水平方向の搬送系、36 は溶かし込み基板カセット、37 は溶かし込み基板である。先に説明した符号の部材は、前述した部材と同じなので説明を省略する。

## 【0029】

ローディングチャンバー 1 は、普段はゲートバルブ 17 によりコア 13 と外気と隔離された状態ある。ローディングチャンバー 1 は、ローディングチャンバー 1 の右側のゲートバルブ 17 を解除しウェハカセット 18 を導入することができる。また、ローディングチャンバー 1 の左側のゲートバルブ 17 を解除することにより、コア 13 にある水平方向の搬送系 20 を使い、ウェハカセット 18 を  $p^-Si$  層の成長チャンバー 4 に移動させることができる。

【0030】

$Si$  原料供給室 11 は、左側のゲートバルブ 17 を開けることにより、溶かし込み基板カセット 36 を出し入れすることができるようになっている。また、右側のゲートバルブ 17 を解除することにより、搬送室 8 にある水平方向の搬送系 20' を使い、溶かし込み基板カセット 36 を  $p^-Si$  層の成長チャンバー 4 に移動させることができる。

【0031】

$p^-Si$  層の成長チャンバー 4 は、ウェハカセット 18 と溶かし込み基板カセット 36 を上下させる垂直方向の搬送系 19 を持っている。垂直方向の搬送系 19 は、ルツボ 16 に溜めたメルト 14 中に、ウェハカセット 18 と溶かし込み基板カセット 36 を浸すことができる。ヒーター 15 は、メルト 14 に高温をかけることにより、メルト 14 を液体の状態に保つ。

【0032】

$p^+Si$  層の成長チャンバー 3、搬送室 7、 $Si$  原料供給室 10 も、 $n^+Si$  層の成長チャンバー 5、搬送室 9、 $Si$  原料供給室 12 もその断面は、図 2 と同じ構造をしている。

【0033】

図 7 は、図 2 の液相成長装置を動かすシーケンスを表すタイムチャートである。A は、1 バッチ目のウェハカセットの動きを表す。

【0034】

1 バッチ目のウェハカセット 18 は、最初の 20 分でローディングチャンバー 1 にロードされ、水素アニール室 2 に搬送される。水素アニール室 2 は、ウェハカセット 18 の昇温に 30 分かけ、水素アニールを 10 分おこなう。水素アニー

ルは、水素雰囲気中で、約 $1040^{\circ}\text{C}$ でおこなう。また、水素アニール中または直後に微量の $\text{SiH}_4$ （シラン）ガスを流し、多孔質 $\text{Si}$ 層29の表面性をよくしておいてもいい。

## 【0035】

そして、ウェハカセット18をコア13の水平方向の搬送系20を使いながら $\text{p}^+\text{Si}$ 層の成長チャンバー3に移動させて、ウェハカセット18が成長温度になるまで、10分保持する。このとき、メルト14が冷やされて $\text{p}^+\text{Si}$ が過飽和状態になる。ウェハカセット18を $\text{p}^+\text{Si}$ 層の成長チャンバー3に移動させる前に、 $\text{Si}$ 原料供給室10から搬送室7を通して、 $\text{p}^+\text{Si}$ ウェハなど保持した溶かし込み基板カセット36を高温にしたメルト14に浸し、メルト14内に $\text{p}^+\text{Si}$ を溶かしこんでおく。メルト14の材料としては、 $\text{In}$ 、 $\text{Sn}$ などがある。そして、垂直方向の搬送系19を使って、ウェハカセット18をメルト14に浸し、メルト14の温度を徐々に下げると、多孔質 $\text{Si}$ 層29の表面上に $\text{p}^+\text{Si}$ 層がエピタキシャル成長する。この成長時間は、約10分である。

## 【0036】

その後、ウェハカセット18をメルト14から引き上げ、 $\text{p}^-\text{Si}$ 層の成長チャンバー4に移動させ、同様に10分保持し、メルト14に $\text{p}^-\text{Si}$ の過飽和をつける。このとき、同様に予め $\text{p}^-\text{Si}$ 基板を保持した溶かし込み基板カセット36を、メルト14に浸し、 $\text{p}^-\text{Si}$ をメルト14に20分溶かし込んでおく。そして、ウェハカセット18をメルト14に浸し、メルト14の温度を徐々に下げると、 $\text{p}^+\text{Si}$ 層26の表面上に $\text{p}^-\text{Si}$ 層25がエピタキシャル成長する。この成長時間は、約30分である。この浸せき時間で、約 $30(\mu\text{m})$ の $\text{p}^-\text{Si}$ 層25が成長する。

## 【0037】

その後、ウェハカセット18をメルト14から引き上げ $\text{n}^+\text{Si}$ 層の成長チャンバー5に移動させ、同様に10分保持し、メルト14に $\text{n}^+\text{Si}$ の過飽和をつける。このとき、同様に予め $\text{n}^+\text{Si}$ 基板を保持した溶かし込み基板カセット30を、メルト14に浸し、 $\text{n}^+\text{Si}$ をメルト14に20分溶かし込んでおく。そして、ウェハカセット18をメルト14に浸し、メルト14の温度を徐々に下げ

ると、 $p^{-}$  Si 層 2 5 の表面上に  $n^{+}$  Si 層 2 4 がエピタキシャル成長する。この成長時間は、約 1 0 分である。

【 0 0 3 8 】

その後、ウェハカセット 1 8 をメルト 1 4 から引き上げ、アンローディングチャンバー 6 に移動させ、5 5 分冷却し室温に戻した後、最後の 5 分でウェハカセット 1 8 を液相成長装置から取り出す。

【 0 0 3 9 】

B は、2 バッチ目のウェハカセットの動きを表す。2 バッチ目のウェハカセットも図 7 のタイムチャートどおりに移動させ、1 バッチ目のウェハカセットと同様の動きなので、説明を省略する。実施形態 1 の液相成長装置によれば、6 0 分ごとに新しいウェハカセットの液相成長ができる。

【 0 0 4 0 】

実施形態 1 の結晶成長方法によれば、図 7 の 1 3 0 ~ 1 4 0 分のように、 $p^{+}$  Si 層を成長させるチャンバー 3 と、 $n^{+}$  Si 層を成長させるチャンバー 5 で同時に液相成長をおこなっている。また、図 7 の 1 1 0 ~ 1 2 0 分のように、水素アニール室 2 でのアニール処理と  $p^{-}$  Si 層を成長させるチャンバー 4 での成長を同時におこなっている。さらに、図 7 の 5 0 ~ 6 0 分のように、水素アニール室 2 でのアニール処理と  $p^{+}$  Si 層を成長させるチャンバーでの半導体材料の溶かし込み処理を同時におこなっている。

【 0 0 4 1 】

図 8 は、液相成長装置の基板カセット 1 8 と基板カセット 1 8 に設置した ( 1 1 1 ) Si ウェハ 2 8 の斜視図である。Si ウェハ 2 8 上にエピタキシャル成長させた太陽電池の活性層は、そのへき開方向を使って、例えば図 5 ( b ) に示す分離過程の後に正六角形に切断する。このため、切断して捨ててしまう活性層の下部の Si ウェハ 2 8 を基板カセット 1 8 で抑えて、切断後の太陽電池の活性層に凹凸がないようにする。また、捨ててしまう部分の成長が遮られるので、メルト中の Si の節約にもなる。

【 0 0 4 2 】

図 9 は、切断する太陽電池の活性層の平面図である。図 9 ( a ) は正六角形で

の切断を表し、図9 (b) は正三角形での切断を表す。(111) Si ウェハの主なへき開方向は、以下の6方向である。

【0043】

【数1】

$[\bar{1}\bar{1}0]$ ,  $[0\bar{1}\bar{1}]$ ,  $[\bar{1}0\bar{1}]$ ,  $[\bar{2}\bar{1}\bar{1}]$ ,  $[\bar{1}\bar{2}\bar{1}]$ ,  $[\bar{1}\bar{1}\bar{2}]$

【0044】

これらのへき開方向を使うと、図9 (a) の点線で示すような六角形や図9 (b) の点線で示すような三角形に切断しやすい。つまり、一致しない任意の2本の切断線のなす角を $\theta$ とすると、 $|\cos \theta| = 1/2$ または $3^{1/2}/2$ の切断角が出やすい。この様な切断線を使えば、(111) Si ウェハ上の単結晶活性層にバリや異常な切断線を走らせることなくきれいに切断できる。

【0045】

図9 (a) のような正六角形に太陽電池を切断した場合、図10に示すように、隙間なく太陽電池のユニットセル43を埋めることができ一つのモジュールにすることができる。このため、四角形に切断する場合よりも、捨てる部分を少なくできるので、Si原料を有効利用することができる。尚、モジュールを矩形にするためには、モジュール端部のユニット43を図10の46のように半分に切断して、それぞれモジュール端部に貼り付ける。

【0046】

図9 (b) のように三角形で切断した場合は、三角形の外側の部分をさらに実線のように切断することが好ましい。すると、図11 (a) のように太陽電池の正三角形ユニットセル44を並べたり、図11 (b) のように太陽電池の台形ユニットセル45を並べたりしてモジュールにすることで、Si原料を有効利用することができる。

【0047】

それ以外にも、 $|\cos \theta| = 1/2$ または $3^{1/2}/2$ の切断角を利用して、ひし形などの太陽電池を幾何学的デザインにしながら、面積を有効利用すること

ができる。この活性層の切断方法は、多孔質 Si 層上のエピタキシャル層に限らず、(111) 基板を使った一般の半導体装置に適用できる。

## 【0048】

実施形態 1 によれば、Si ウェハに (111) 基板を使用しているので、(100) 基板を使用する場合に比べて、多孔質層上の異常成長がなく、エピタキシャル層で多孔質層を覆いつくすことができる。このため、(100) 基板を使用する場合に比べて、歩留まりが格段に上がり、低コストで太陽電池を製造することができる。また、(111) 基板のへき開方向を使って、太陽電池を切断すれば、捨ててしまう活性層の面積が少なくなり、半導体の資源を有効利用できる。

## 【0049】

## (実施形態 2)

実施形態 2 は、2 槽型の液相成長装置で太陽電池を製造する形態である。実施形態 2 の太陽電池は、スルーホールを使って電極を形成する。図 12、図 13、図 14 は、実施形態 2 の太陽電池の製造工程を表す模式的な断面図であり、図 15 は、実施形態 2 の太陽電池の斜視図を表す。図中、40 はスルーホール、41 は A1 電極、42 は絶縁シート、43 は絶縁領域、44 はスルーホール電極である。他の部材番号は、以前に説明した部材と同じである。

## 【0050】

図 15 のスルーホール電極 44 は、 $n^+$ Si 層 24 に収集された伝導電子を負電極となる SUS 基板 27 に移動させる役割をする。A1 電極 41 は、 $p^-$ Si 層 25 と接続していて、A1 と Si の焼成により接続部は、 $p^+$ Si 層となっている。そして、太陽電池として働くときは、 $p^+$ Si 層に収集された正孔に正電極となる A1 電極 41 からの電子が供給される。

## 【0051】

実施形態 2 の太陽電池の製造工程について説明する。まず、図 12 (a) のように (111) Si ウェハ 28 上に多孔質 Si 層 29 を形成する。多孔質 Si 層 29 の形成方法は、実施形態 1 と同じである。つぎに、図 12 (b) のように、多孔質 Si 層 29 上に  $p^-$ Si 層 25 を形成する。そのつぎに、図 12 (c) のように、 $p^-$ Si 層 25 上に  $n^+$ Si 層 24 を形成する。



## 【0052】

この $p^{-}$ Si層25と $n^{+}$ Si層24を形成する工程は、図16のような2槽型の液相成長装置を使う。 $p^{-}$ Si層の成長チャンバー4、搬送室8、Si原料供給室11と、 $n^{+}$ Si層の成長チャンバー5、搬送室9、Si原料供給室12の断面は、図1と同様の構造である。

## 【0053】

$p^{-}$ Si層25と $n^{+}$ Si層24を形成する工程のシーケンスを図17で表す。Aは、1バッチ目のウェハカセットの動きを表す。

## 【0054】

1バッチ目のウェハカセットは、最初の20分でローディングチャンバー1にロードされ、水素アニール室2に搬送される。水素アニール室2は、ウェハカセット18の昇温に30分かけ、水素アニールを10分おこなう。水素アニールは、水素雰囲気中で、約1040℃でおこなう。

## 【0055】

そして、ウェハカセット18をコア13の水平方向の搬送系20を使いながら水素アニール室2から $p^{-}$ Si層の成長チャンバー4に移動させて、ウェハカセット18が成長温度になるまで、10分保持する。このとき、メルト14が冷やされて $p^{-}$ Siが過飽和状態になる。ウェハカセット18を $p^{-}$ Si層の成長チャンバー4に移動させる前に、Si原料供給室11から搬送室8を通して、 $p^{-}$ Siウェハなどを保持した溶かし込み基板カセットを高温にしたメルト14に浸せきさせておき、メルト14内に $p^{-}$ Siを溶かしこんでおく。そして、ウェハカセット18をメルト14に浸し、メルト14の温度を徐々に下げると、多孔質Si層29の表面上に $p^{-}$ Si層25がエピタキシャル成長する。この成長時間は、約30分である。この浸せき時間で、約30 $\mu$ mの $p^{-}$ Si層25が図12(b)の断面図ように成長する。

## 【0056】

つぎに、ウェハカセット18をコア13の水平方向の搬送系20を使いながら $p^{-}$ Si層の成長チャンバー4から $n^{+}$ Si層の成長チャンバー5に移動させて、ウェハカセット18が成長温度になるまで、10分保持する。このとき、メルト

14 が冷やされて  $n^+Si$  が過飽和状態になる。メルト 14 を  $n^+Si$  で過飽和状態にするために、ウェハカセット 18 を  $p^-Si$  層の成長チャンバー 4 に移動させる前に、 $Si$  原料供給室 11 から搬送室 8 を通して、 $p^-Si$  ウェハなどを保持した溶かし込み基板カセットを高温にしたメルト 14 に浸しておき、メルト 14 内に  $n^+Si$  を溶かしこんでおく。そして、ウェハカセット 18 をメルト 14 に浸し、メルト 14 の温度を徐々に下げると、 $p^-Si$  層 25 の表面上に  $n^+Si$  層 24 が断面図の図 12 (c) のようにエピタキシャル成長する。この成長時間は、約 10 分である。

【0057】

その後、ウェハカセット 18 をコア 13 の搬送系を使って、 $n^+Si$  層の成長チャンバー 5 からアンローディングチャンバー 6 に移動させる。そして、55 分冷却して、5 分でウェハカセット 18 を取り出す。

【0058】

図 17 の B は、2 バッチ目のウェハカセットの移動を表す。A の 1 バッチ目のウェハカセットと同様の動きなので、説明を省略する。実施形態 2 の液相成長装置は、60 分ごとに 1 バッチの液相成長を終了させることができる。

【0059】

以上に説明したようなエピタキシャル  $Si$  層 24, 25 の成長が終わった後、図 12 (d) のように表面から、レーザなどで、スルーホール 40 をエピタキシャル  $Si$  層 24, 25 を貫くように開け、多孔質  $Si$  層 29 を露出させる。そして、この基板をフッ酸と過酸化水素水の混合液などのウェットエッチング液に浸す。すると、図 13 (a) の矢印のようにスルーホール 40 からウェットエッチング液が浸透し、多孔質  $Si$  層 29 が選択的にエッチングされる。すると、図 13 (b) のように、 $Si$  ウェハ 28 とエピタキシャル  $Si$  層 24, 25 が分離できる。

【0060】

$Si$  ウェハ 28 は、再び陽極化成をすることによって、図 12 (a) のように表面に多孔質  $Si$  層 29 を形成して、再び図 12 ~ 図 14 の製造工程に投入して、何度も  $Si$  ウェハを利用する。この方法により、一枚の  $Si$  ウェハから、10

0枚程度、ウェハサイズの太陽電池が製造できる。

#### 【0061】

その後、 $p^-Si$ 層25の裏面にA1電極41となるA1シートを貼り合わせ、図13(c)のような断面構造にする。そして、A1電極41の裏に、A1電極41と接するように絶縁シート42を貼り合わせ、図13(d)の断面図のような構造にする。そして、再びレーザをスルーホール40に位置合わせして照射してA1電極41と絶縁シート42に穴を図13(e)のように開ける。

#### 【0062】

つぎに、図14(a)のように、スルーホールの壁に絶縁領域43を形成する。この絶縁領域43は、一旦、スルーホール40に絶縁材料を充填した後、レーザを使って穴を開けるなどする。そして、図14(b)のように、絶縁シート42の接するように、SUS基板27を貼り合わせる。そして、Cuペーストなどでスルーホール40をドットイングなどの方法で埋めてスルーホール電極44を図14(c)のように形成する。そして、図14(d)のように $n^+Si$ 層24の表面に $TiO_2$ との反射防止膜23を塗布することによって、太陽電池の完成となる。

#### 【0063】

実施形態2の液相成長装置では、図17の110～120分のように、水素アニール室2でのアニール処理と $p^-Si$ 層を成長させるチャンバー4での成長を同時におこなっている。さらに、図17の50～60分のように、水素アニール室2でのアニール処理と $p^+Si$ 層を成長させるチャンバーでの半導体材料の溶かし込み処理を同時におこなっている。実施形態2によれば、コンタクト電極をスルーホールコンタクトでおこなうので、シャドーロスが少なく、効率のいい太陽電池ができる。

#### 【0064】

##### (実施形態3)

実施形態3は、5槽型の液相成長装置で太陽電池を製造する形態である。実施形態3の太陽電池の製造方法と構造は、図12～図15を使って示した実施形態2の太陽電池と同じである。

## 【0065】

図18は、実施形態3の液相成長装置の上から見た模式的な平面図であり、図19は図18の液相成長装置を動かすシーケンスのタイムチャートである。実施形態3の液相成長装置は、 $p^-Si$ 層の成長チャンバーが3槽あり、 $n^+Si$ 層の成長チャンバーが2槽ある。このため、液相成長室は、5槽あることになる。図18の4, 4', 4''はすべて $p^-Si$ 層の成長チャンバーであり、それぞれに合わせて搬送室8, 8', 8''とSi原料供給室11, 11', 11''がある。図18の5, 5'は $n^+Si$ 層の成長チャンバーであり、それぞれに合わせて搬送室9, 9'とSi原料供給室12, 12'がある。また、1はローディングチャンバーで1部屋あり、2は水素アニール室で2部屋あり、6はアンローディングチャンバーで3部屋ある。13はコアであり、1～6のそれぞれの部屋や成長チャンバーにウェハカセットを搬送する搬送系がその内部にある。

## 【0066】

実施形態3の液相成長装置を使って、液相成長をさせるとき、図12(a)のようにSiウェハ28上に多孔質Si層29がある基板を、実施形態1で説明したような陽極化成の方法を用いて形成する。つぎに、図12(b)のように、多孔質Si層29上に $p^-Si$ 層25を形成する。そのつぎに、図12(c)のように、 $p^-Si$ 層25上に $n^+Si$ 層24を形成する。

## 【0067】

この $p^-Si$ 層25と $n^+Si$ 層24を形成する工程は、図18で説明した5槽型の液相成長装置を使う。 $p^-Si$ 層の成長チャンバー4, 4', 4''、搬送室8, 8', 8''、Si原料供給室11, 11', 11''と、 $n^+Si$ 層の成長チャンバー5, 5'、搬送室9, 9'、Si原料供給室12, 12'の断面は、図1と同様の構造である。

## 【0068】

$p^-Si$ 層25と $n^+Si$ 層24を形成する工程のシーケンスを図19で表す。Aは、1バッチ目のウェハカセットの動きを表す。

## 【0069】

1バッチ目のウェハカセットは、最初の20分でローディングチャンバー1に

ロードされ、水素アニール室 2 に搬送される。水素アニール室 2 は、ウェハカセット 18 の昇温に 30 分かけ、水素アニールを 10 分おこなう。水素アニールは、水素雰囲気中で、約 1040℃でおこなう。

## 【0070】

そして、ウェハカセット 18 をコア 13 の水平方向の搬送系 20 を使いながら水素アニール室 2 から  $p^-Si$  層の成長チャンバー 4 に移動させて、ウェハカセット 18 が成長温度になるまで、10 分保持する。このとき、メルト 14 が冷やされて  $p^-Si$  が過飽和状態になる。ウェハカセット 18 を  $p^-Si$  層の成長チャンバー 4 に移動させる前に、 $Si$  原料供給室 11 から搬送室 8 を通して、 $p^-Si$  ウェハなど保持した溶かし込み基板カセットを高温にしたメルト 14 に浸せきさせておき、メルト 14 内に  $p^-Si$  を溶かしこんでおく。そして、ウェハカセット 18 をメルト 14 に浸せきさせ、メルト 14 の温度を徐々に下げると、多孔質  $Si$  層 29 の表面上に  $p^-Si$  層 25 がエピタキシャル成長する。この成長時間は、約 30 分である。この浸せき時間で、約 30 ( $\mu m$ ) の  $p^-Si$  層 25 が図 12 (b) の断面図ように成長する。

## 【0071】

つぎに、ウェハカセット 18 をコア 13 の水平方向の搬送系 20 を使いながら  $p^-Si$  層の成長チャンバー 4 から  $n^+Si$  層の成長チャンバー 5 に移動させて、ウェハカセット 18 が成長温度になるまで、10 分保持する。このとき、メルト 14 が冷やされて  $n^+Si$  が過飽和状態になる。メルト 14 を  $n^+Si$  で過飽和状態にするために、ウェハカセット 18 を  $p^-Si$  層の成長チャンバー 4 に移動させる前に、 $Si$  原料供給室 11 から搬送室 8 を通して、 $p^-Si$  ウェハなど保持した溶かし込み基板カセットを高温にしたメルト 14 に浸し、メルト 14 内に  $n^+Si$  を溶かしこんでおく。そして、ウェハカセット 18 をメルト 14 に浸し、メルト 14 の温度を徐々に下げると、 $p^-Si$  層 25 の表面上に  $n^+Si$  層 24 が断面図の図 12 (c) のようにエピタキシャル成長する。この成長時間は、約 10 分である。

## 【0072】

その後、ウェハカセット 18 をコア 13 の搬送系を使って、 $n^+Si$  層の成長

チャンバー5からアンローディングチャンバー6に移動させる。そして、55分冷却して、5分でウェハカセット18を取り出す。

## 【0073】

図19のBは2バッチ目のウェハカセットの移動、Cは3バッチ目のウェハカセットの移動、Dは4バッチ目のウェハカセットの移動を表す。Bの2バッチ目のウェハカセットは、水素アニール室2で水素アニールした後、 $p^{-}Si$ 層の成長チャンバー4'に移送され、Aの1バッチ目の同様の工程で $p^{-}Si$ 層の成長の後、 $n^{+}Si$ 層の成長チャンバー5'に移送されて $n^{+}Si$ 層を成長させる。

## 【0074】

Cの3バッチ目は、 $p^{-}Si$ 層の成長チャンバー4"、 $n^{+}Si$ 層の成長チャンバー5の順に移送される。

## 【0075】

Dの4バッチ目のウェハカセットは、 $p^{-}Si$ 層の成長チャンバー4、 $n^{+}Si$ 層の成長チャンバー5'の順に移送される。

## 【0076】

水素アニール室2が2つあり、アンローディングチャンバー6が3つあるのは、それぞれ、同時に2カセット、3カセット入れらるようにするためである。実施形態3の液相成長装置は、20分ごとに1バッチの液相成長を終了させることができる。その後の太陽電池の製造工程は、実施形態1と同様である。

## 【0077】

実施形態3の液相成長装置では、図19の130～140分のように、 $p^{-}Si$ 層を成長させるチャンバー4と、 $p^{-}Si$ 層を成長させるチャンバー4"と、 $n^{+}Si$ 層を成長させるチャンバー5'で同時に液相成長をおこなっている。また、図19の110～120分のように、水素アニール室2でのアニール処理と $p^{-}Si$ 層を成長させるチャンバー4"での成長を同時におこなっている。さらに、図19の50～60分のように、水素アニール室2でのアニール処理と $p^{-}Si$ 層を成長させるチャンバー4での半導体材料の溶かし込み処理を同時におこなっている。実施形態3の液相成長装置は、成長に時間のかかる $p^{-}Si$ 層を成長させるチャンバーを3つ設けて、成長のスループットを上げている。このため

、高いスループットで太陽電池の製造ができる。

【0078】

【実施例】

(実施例1)

多孔質Si層上に液相でエピタキシャル成長させた。

【0079】

まず、5インチのp型(111)Siウェハ(抵抗率0.01~0.02Ωcm)の表面を多孔質Si層にした。この工程は、図6(b)の陽極化成装置を使っておこなった。

【0080】

そして、この多孔質Si層上に液相成長法でエピタキシャル成長させた。このとき、図20、21に示すようなスライディングボート方式の液相成長法を用いた。スライディングボート方式の液相成長法では、スライディングボート中に、多孔質Si層を有するSiウェハ、インジウム(In)メルト、溶かし込み用のSiウェハをセットした。

【0081】

図20(a)は、スライディングボートの模式的な断面図であり、標準位置になっている。図中、41は上部ボート、42は下部ボートである。他の部材は前述のものと同じである。

【0082】

まず、図20(a)の標準位置でボートごと、多孔質Si層を有するウェハ28、メルト14、溶かし込みSi基板37を、H<sub>2</sub>中で、1040℃、1分アニールをおこなった。その後、図20(b)のように、960℃でInメルト14に溶かし込み基板37からSiを1時間溶かし込んだ。そして、図21(a)のように、標準位置にもどし、メルト14と溶かし込み基板37を離れた。その後、ボートの温度を950℃まで下げ、メルト14中のSiを過飽和状態にした。そして、図21(b)のように、上部ボート41をずらし、950℃から940℃まで徐冷し、多孔質Si層上にエピタキシャルSi層を成長させた。そして、図20(a)のように、ボートを標準位置まで戻し、室温にしてから、Siウェ

ハ 28 を取り出した。

【0083】

その取り出した Si ウェハ 28 の走査型電子顕微鏡 (SEM) による断面写真を図 22 に示す。図 22 (a) において、実線 B より上は表面で、実線 B より下は断面である。実線 B と実線 C の間にエピタキシャル Si 層があり、実線 C より下に多孔質 Si 層がある。エピタキシャル Si 層は、多孔質 Si 層を完全に覆い尽くしており、その表面は平坦になっている。図 22 (b) は、図 22 (a) よりも拡大した断面 SEM 写真である。実線 C より下部に穴の空いた多孔質 Si 層があり、実線 C より上部にきれいにエピタキシャル Si 層が成長できている。このため、この基板を、その後の工程に回すことができ、エピタキシャル Si 層を活性層とする半導体装置を安定して提供することができる。

【0084】

(比較例)

p 型の (100) Si ウェハを実施例 1 と同じ条件で、陽極化成、液相成長をおこなった場合、前述の様に図 23 に示すような成長になった。つまり、多孔質 Si 層をエピタキシャル Si が覆い尽くさず、多孔質 Si 層が表面に露出したままになっている。また、エピタキシャル Si は、ピラミッド状に固まって成長してしまい、この基板を、そのまま次の工程に回すことはできない。

【0085】

(実施例 2)

本発明で用いる多孔質半導体の主面が厳密な (111) 面でなくてもよいことを示すために以下の実験を行なった。

【0086】

5 インチの p 型 (111) シリコンウェハとしては、主面の厳密な (111) 面からの傾きが X 方向  $0^{\circ} 03'$ 、Y 方向  $0^{\circ} 00'$  のもの (以下ウェハ A とする)、X 方向  $0^{\circ} 00'$ 、Y 方向  $0^{\circ} 08'$  のもの (以下ウェハ B とする)、X 方向  $0^{\circ} 12'$ 、Y 方向  $0^{\circ} 24'$  のもの (以下ウェハ C とする) を用いた。この時、A, B, C のどのウェハもオリエンテーションフラットは以下の面にある。

【0087】



【数 2】

$[1\bar{1}0]$

【0088】

また、 $H_2$ のアニール時間は15分、溶かし込み時間は1時間40分、除冷は950℃から710℃まで、陽極化成の条件は、1.0Aで10分の後2.8Aで100秒とした。その他の条件は実施例1と同様とした。

【0089】

その結果、積層欠陥密度はウェハAを用いた場合 $5.8 \times 10^2 \text{ cm}^{-2}$ 、ウェハBを用いた場合 $1.2 \times 10^4 \text{ cm}^{-2}$ 、ウェハCを用いた場合 $5.6 \times 10^5 \text{ cm}^{-2}$ であった。また、いずれのウェハを用いた場合にもエピタキシャル成長層の連続性は良好であった。以上の結果から、多孔質半導体の主面が厳密な(111)面でなくても良好なエピタキシャル成長層が得られることがわかった。

【0090】

【発明の効果】

本発明の多孔質半導体の主面を(111)面にした、エピタキシャル結晶成長方法によれば、異常成長がなく安定して、多孔質半導体の表面をエピタキシャル層で覆い尽くすことができる。このため、(100)基板を使用する場合に比べて、歩留まりが格段に上がり、低コストで太陽電池などの半導体装置を製造することができる。

【0091】

また、光電変換に用いる活性層の主面が(111)面であることを特徴とする半導体装置によれば、(111)基板のへき開方向を使って切断できるので、捨ててしまう活性層の面積が少なくなり、半導体の資源を有効利用できる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

図2のAA'断面図である。

【図2】

実施形態 1 の液相成長装置の上面から見た模式的な平面図である。

【図 3】

実施形態 1 で製造する太陽電池を示す図であり、図 3（a）は模式的な斜視図、図 3（b）は模式的な断面図である。

【図 4】

実施形態 1 の太陽電池の製造工程を表す模式的な断面図である。

【図 5】

実施形態 1 の太陽電池の製造工程を表す模式的な断面図である。

【図 6】

陽極化成装置の模式的な断面図である。

【図 7】

実施形態 1 の液相成長のシーケンスを表すタイムチャートである。

【図 8】

ウェハカセットと Si ウェハの模式的な斜視図である。

【図 9】

実施形態 1 の太陽電池の切断の方法を説明するための模式的な平面図である。

【図 1 0】

実施形態 1 の太陽電池のユニットセルの並べ方を表す平面図である。

【図 1 1】

実施形態 1 の太陽電池のユニットセルの並べ方を表す平面図である。

【図 1 2】

実施形態 2 の太陽電池の製造工程を表す模式的な断面図である。

【図 1 3】

実施形態 2 の太陽電池の製造工程を表す模式的な断面図である。

【図 1 4】

実施形態 2 の太陽電池の製造工程を表す模式的な断面図である。

【図 1 5】

実施形態 2 の太陽電池の模式的な斜視図である。

【図 1 6】

実施形態 2 の液相成長装置の上面から見た模式的な平面図である。

【図 1 7】

実施形態 2 の液相成長のシーケンスを表すタイムチャートである。

【図 1 8】

実施形態 3 の液相成長装置の上面から見た模式的な平面図である。

【図 1 9】

実施形態 3 の液相成長のシーケンスを表すタイムチャートである。

【図 2 0】

実施例の液相成長装置の模式的な断面図である。

【図 2 1】

実施例の液相成長装置の模式的な断面図である。

【図 2 2】

実施例 1 の S i ウェハの走査型電子顕微鏡 ( S E M ) による断面写真である。

【図 2 3】

比較例 1 の S i ウェハの走査型電子顕微鏡 ( S E M ) による断面写真である。

【図 2 4】

従来の太陽電池の製造工程を表す模式的な断面図である。

【符号の説明】

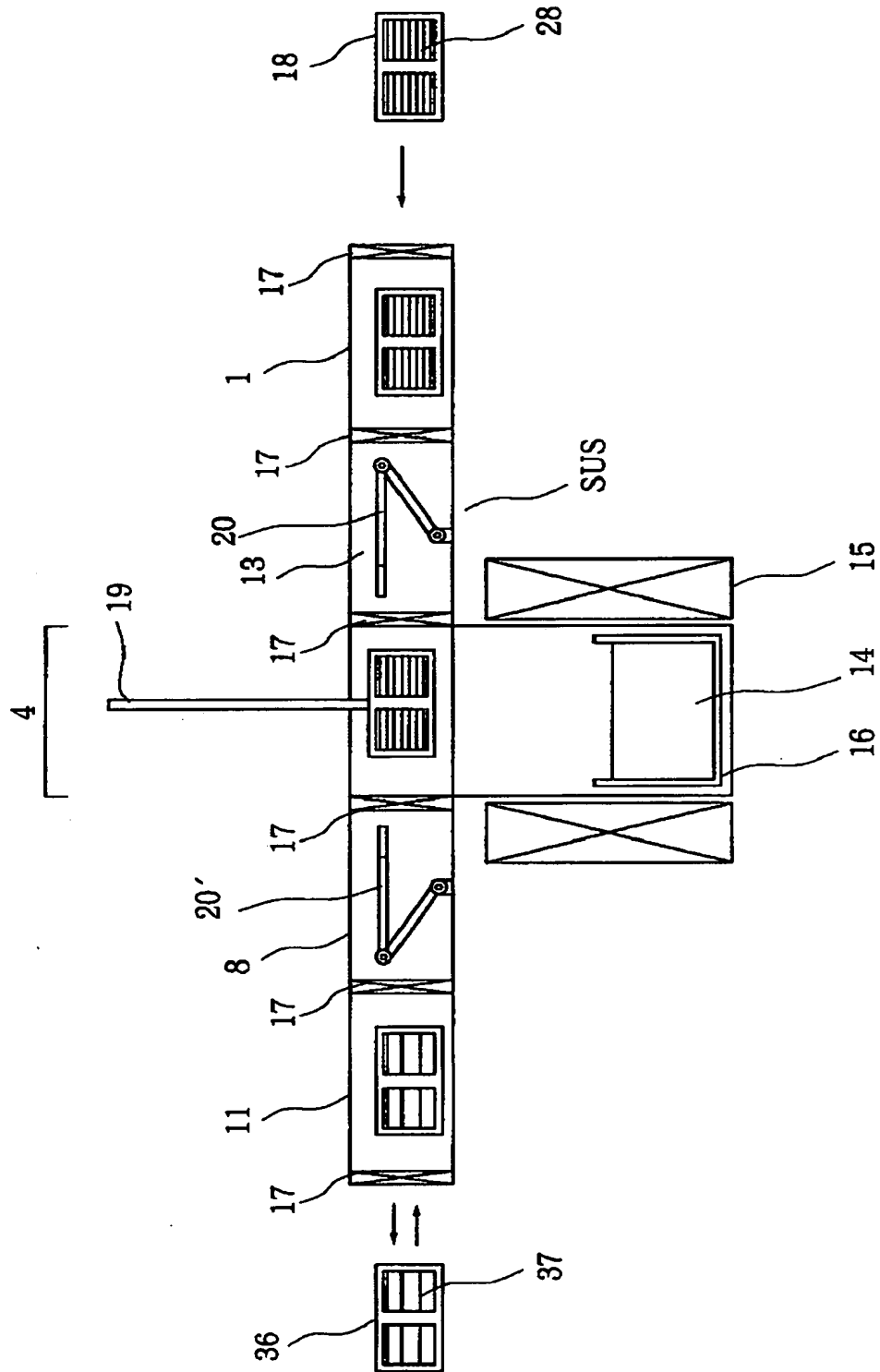
- 1 ローディングチャンバー
- 2 水素アニール室
- 3  $p^+$  S i 層の成長チャンバー
- 4  $p^-$  S i 層の成長チャンバー
- 5  $n^+$  S i 層の成長チャンバー
- 6 アンローディングチャンバー
- 7, 8, 9 搬送室
- 1 0, 1 1, 1 2 S i 原料供給室
- 1 3 コア
- 1 4 メルト
- 1 5 ヒーター

- 1 6 ルツボ
- 1 7 ゲートバルブ
- 1 8 カセット
- 1 9 搬送系（垂直方向）
- 2 1 グリッド電極
- 2 2 フィンガー
- 2 3 反射防止層
- 2 4  $n^+Si$  層
- 2 5  $p^-Si$  層
- 2 6  $p^+Si$  層
- 2 7 SUS 基板
- 2 8 Si ウェハ
- 2 9 多孔質 Si 層
- 3 1 フッ酸系のエッチング液
- 3 2, 3 3 金属電極
- 3 4 オリング
- 3 6 溶かし込み基板カセット
- 3 7 溶かし込み基板
- 4 1 上部ボート
- 4 2 下部ボート

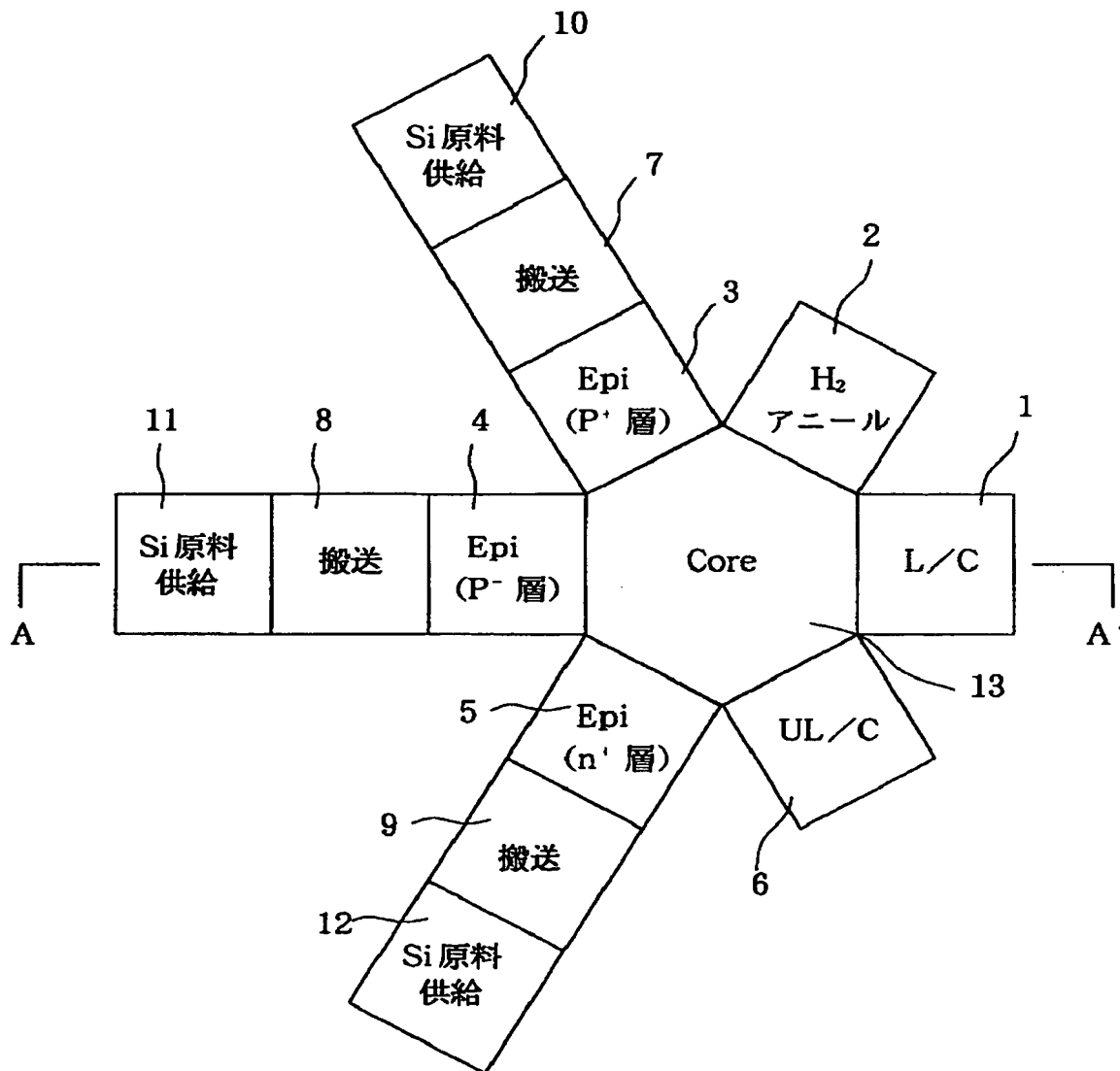
【書類名】

図面

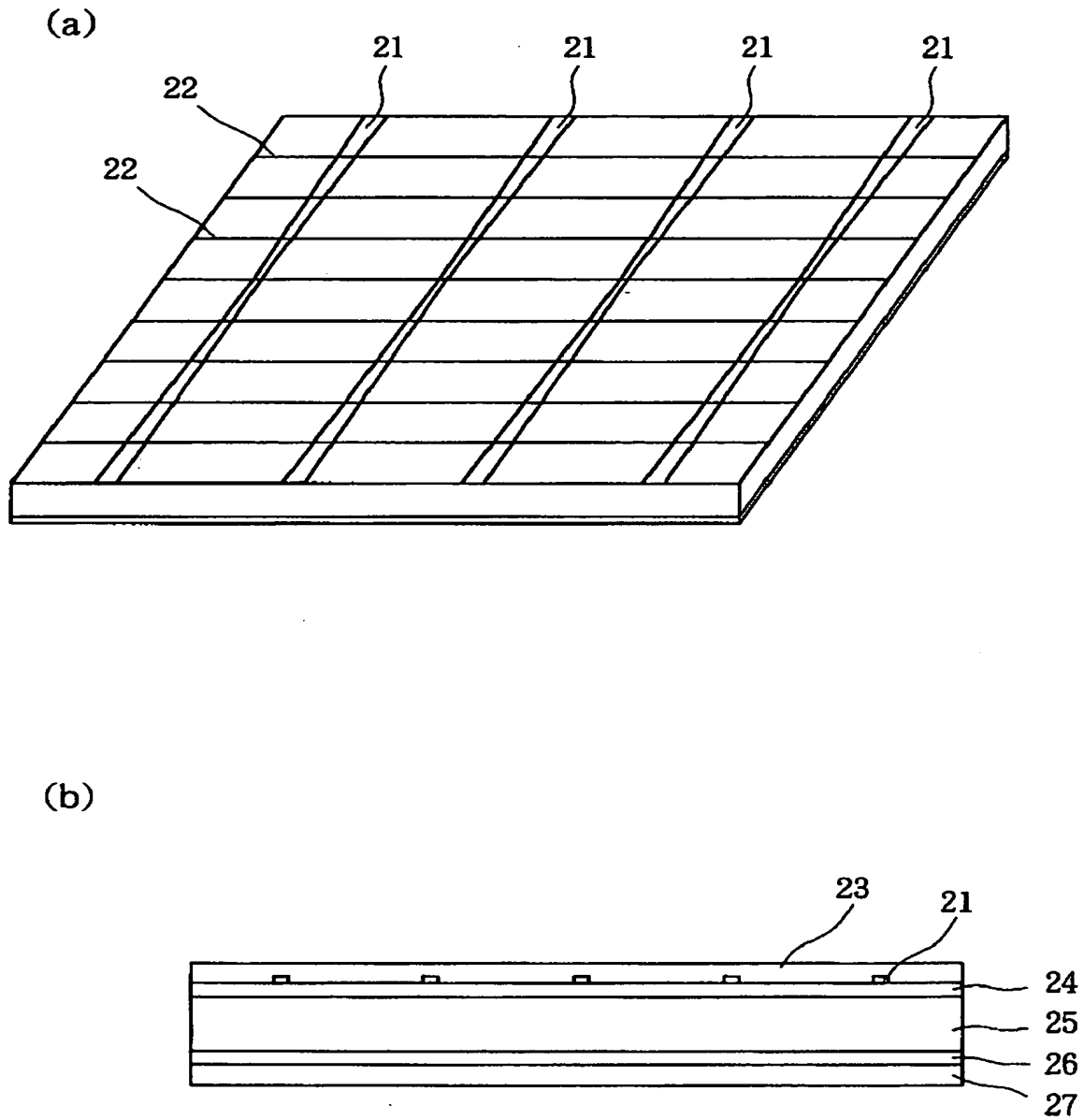
【図 1】



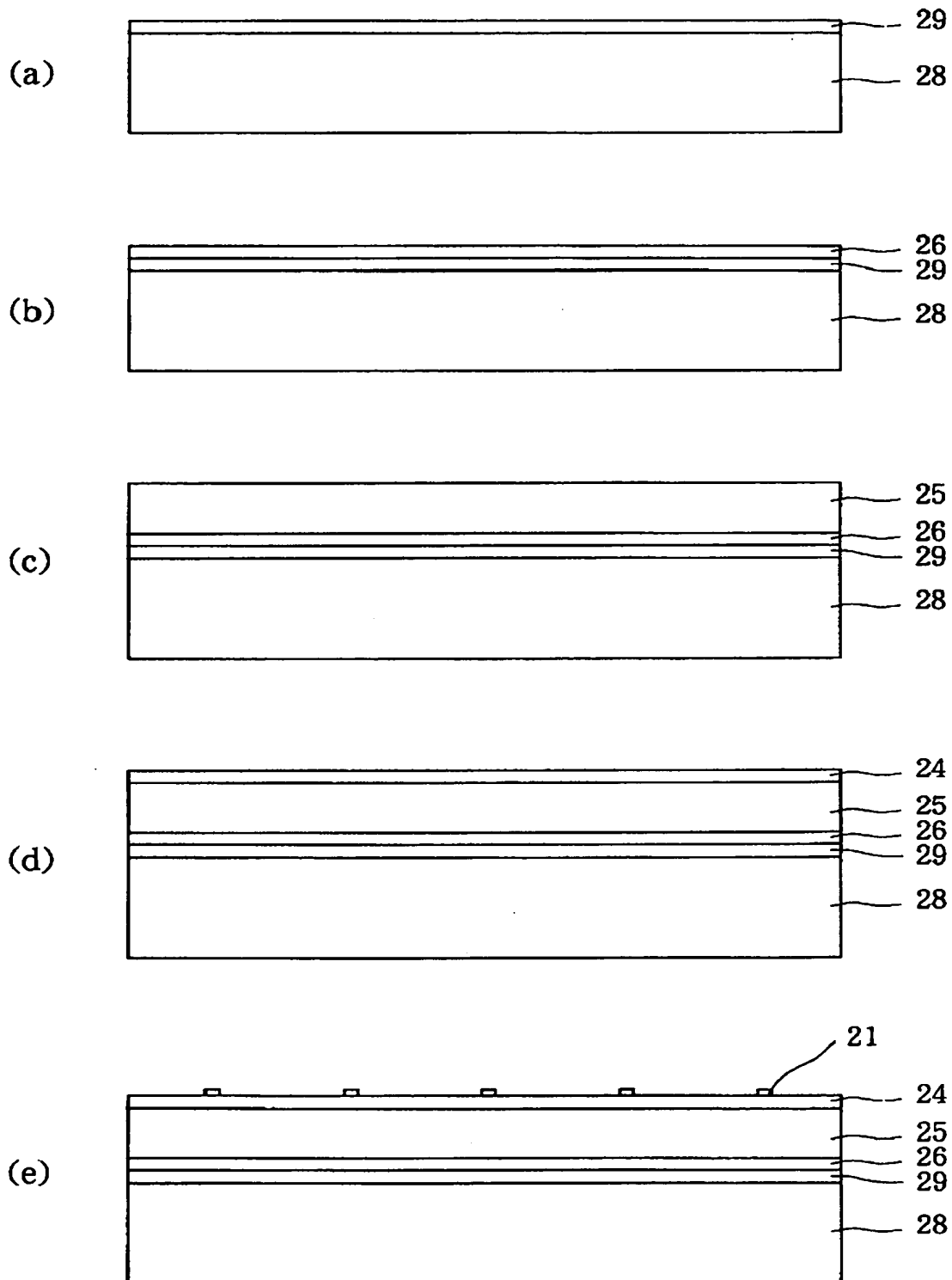
【図 2】



【図 3】

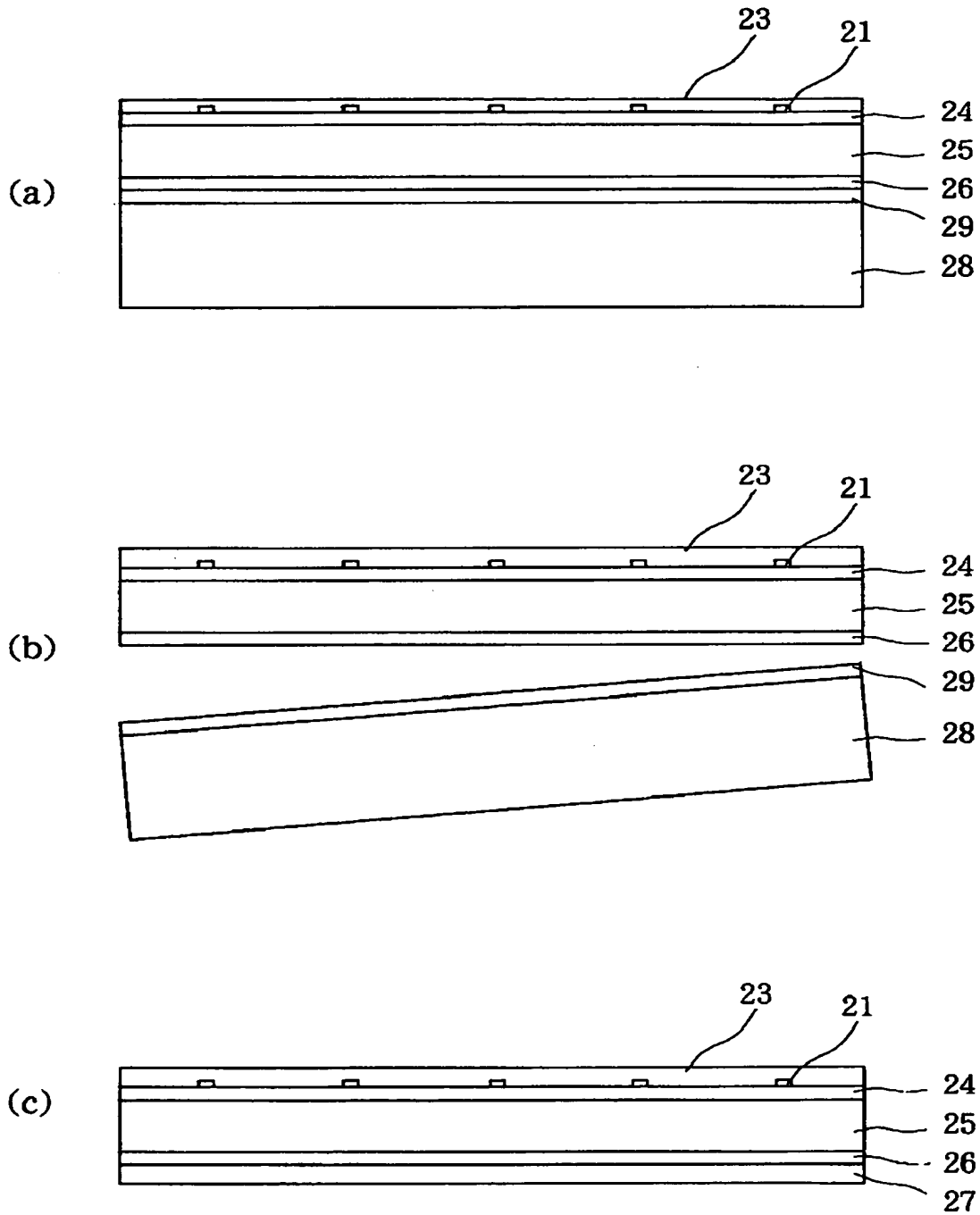


【図 4】

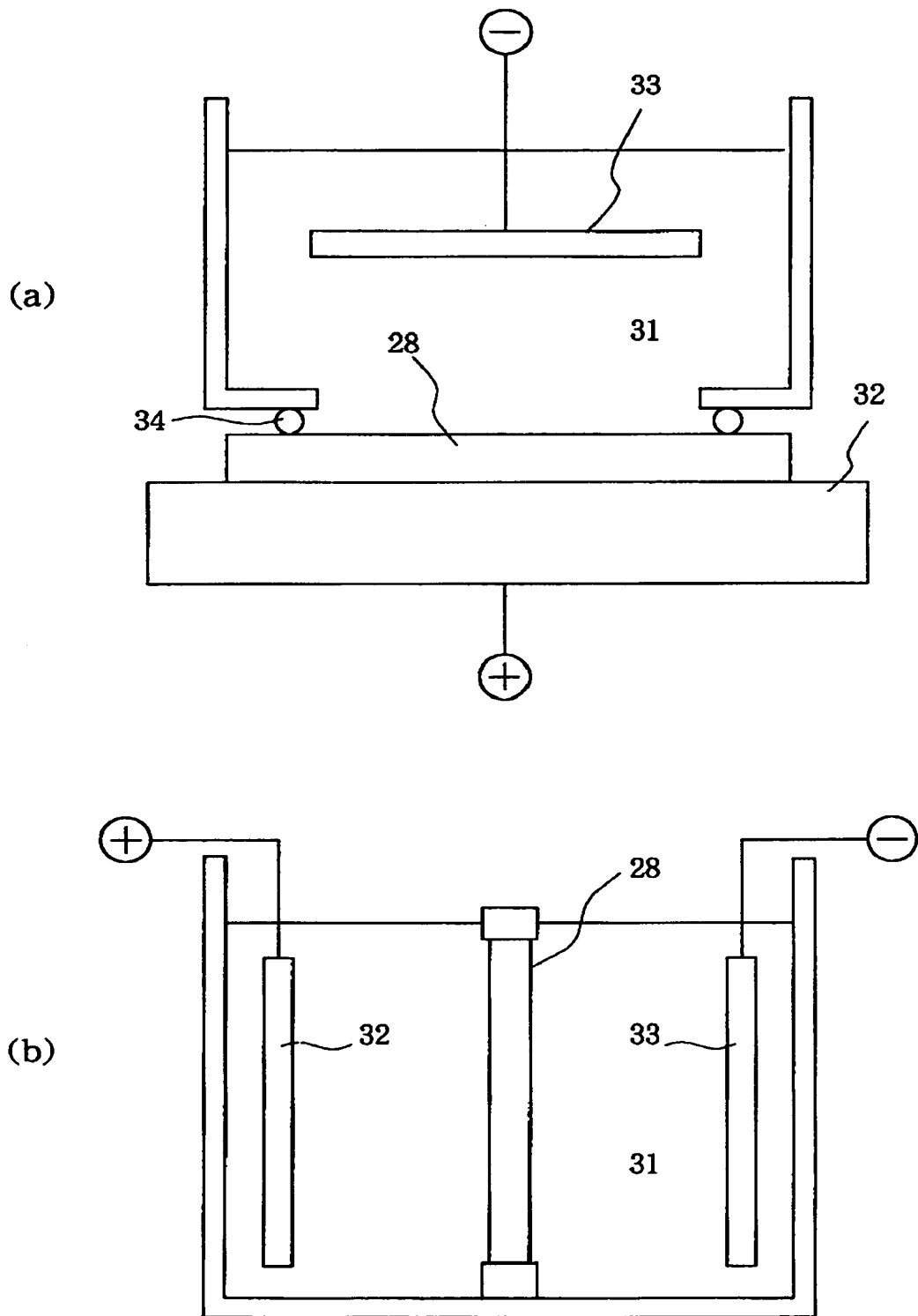




【図 5】



【図 6】

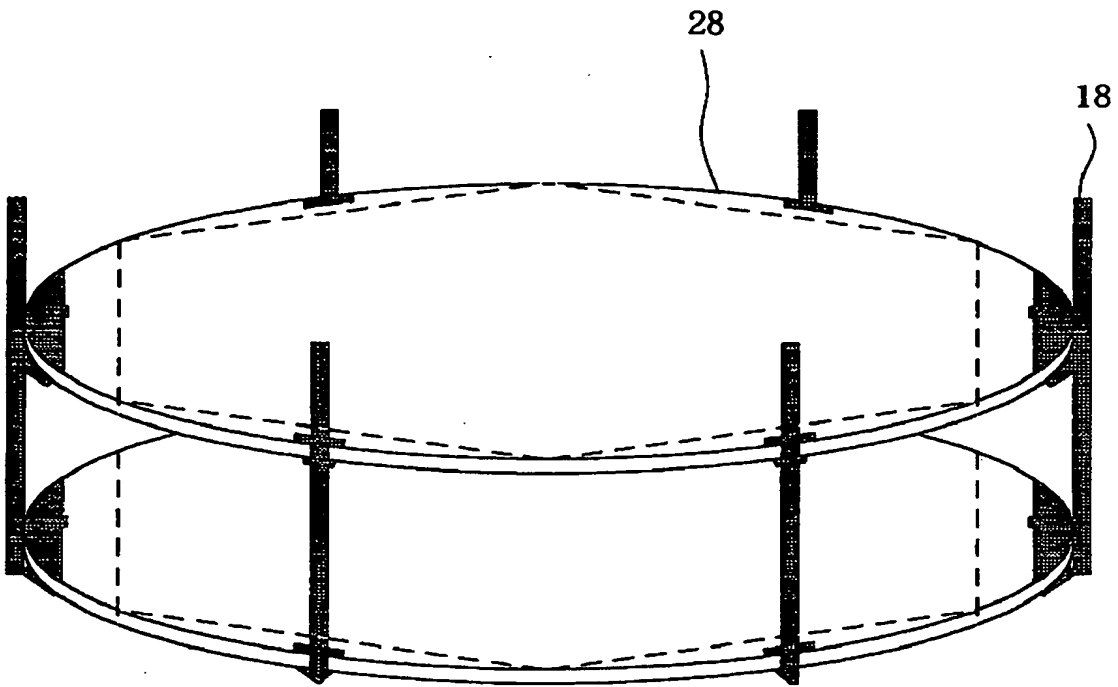


【図 7】

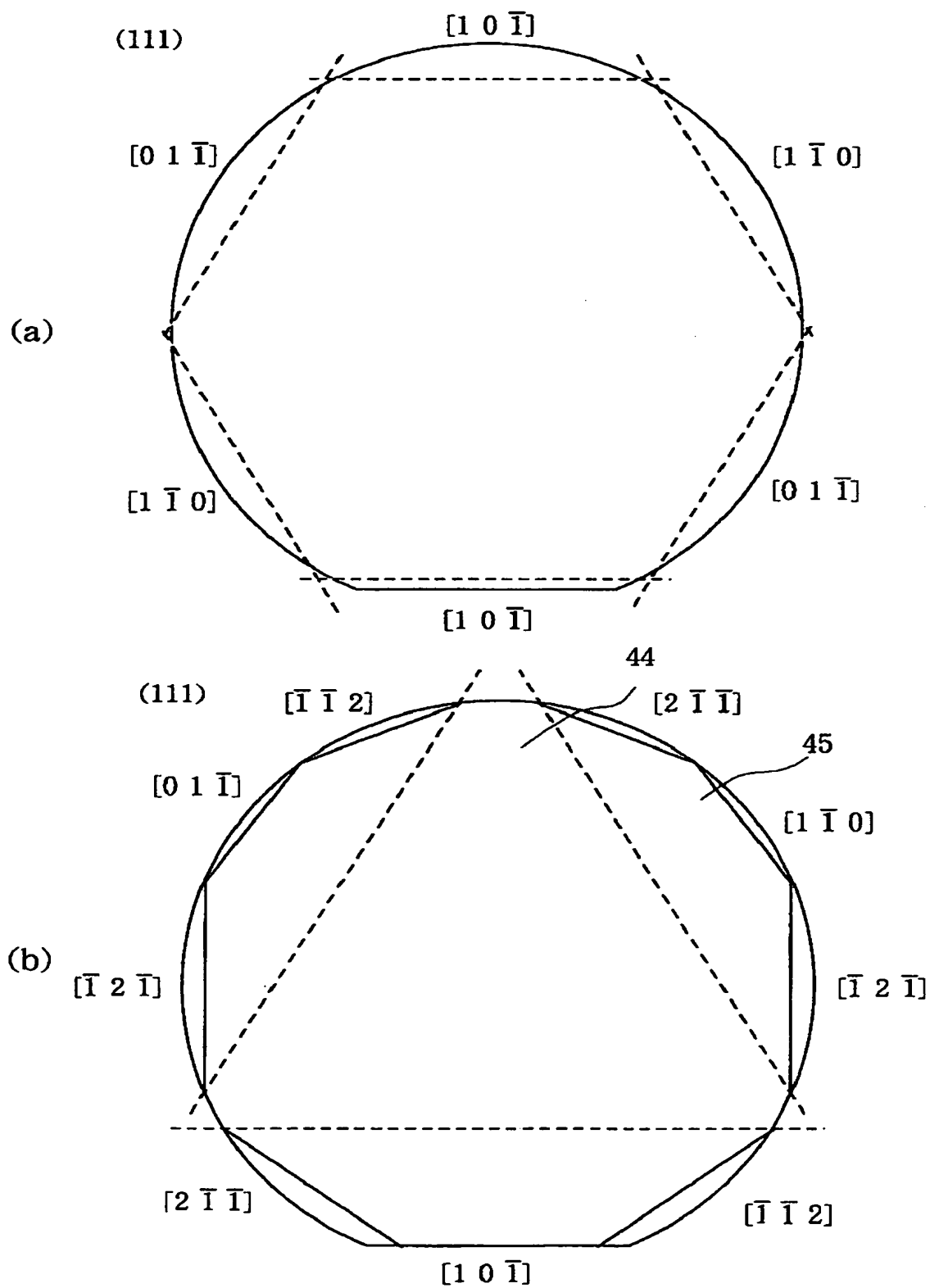
3槽型液相成長装置シーケンス (A:1バッチ目 B:2バッチ目)

時間 (分)	10	20	30	40	50	70	80	90	100	110	130	140	150	160	170	190	200	210	220	230
L/C 1	A loading 20						B loading 20													
H <sub>2</sub> アニール 2			A 昇温 30 anneal 10						B 昇温 30 anneal 10											
Epi (P <sup>+</sup> 層) 3			A 原料供給 20 保持 10 成長 10						B 原料供給 20 保持 10 成長 10											
Epi (P <sup>+</sup> 層) 4							A 原料供給 20 保持 10 成長 30				B 原料供給 20 保持 10 成長 30									
Epi (n <sup>+</sup> 層) 5									A 原料供給 20 保持 10 成長 10				B 原料供給 20 保持 10 成長 10							
UL/C 6									A 冷却 55				B unloading 5						冷却 55	

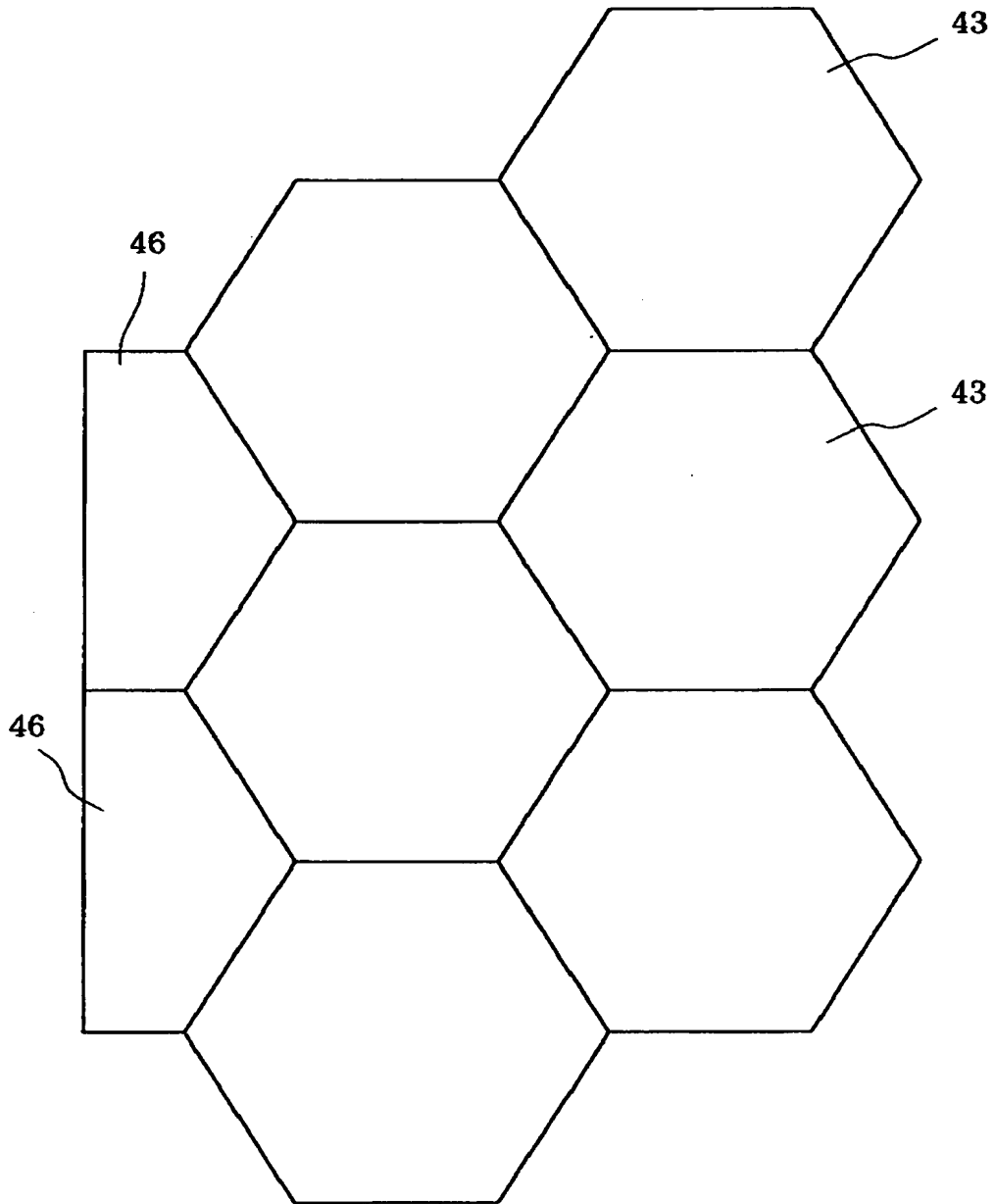
【図 8】



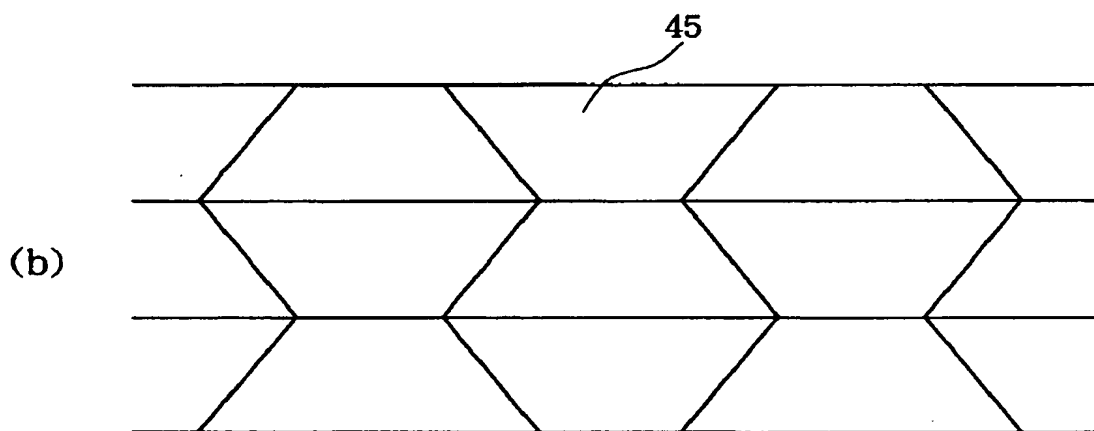
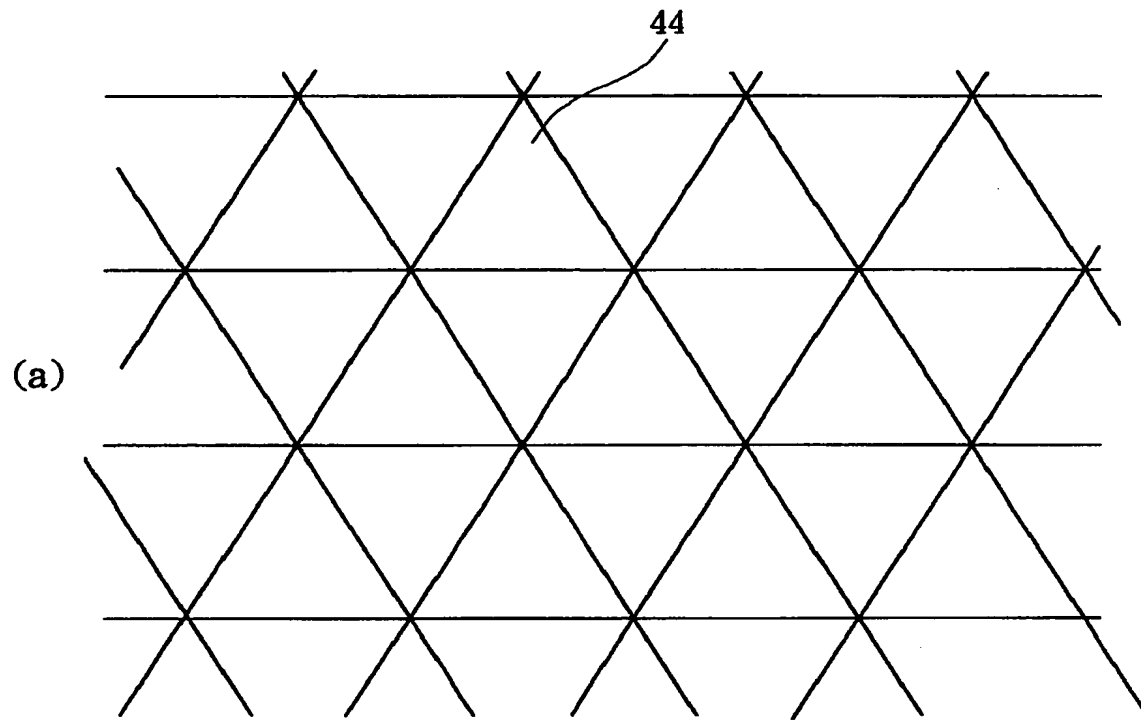
【図 9】



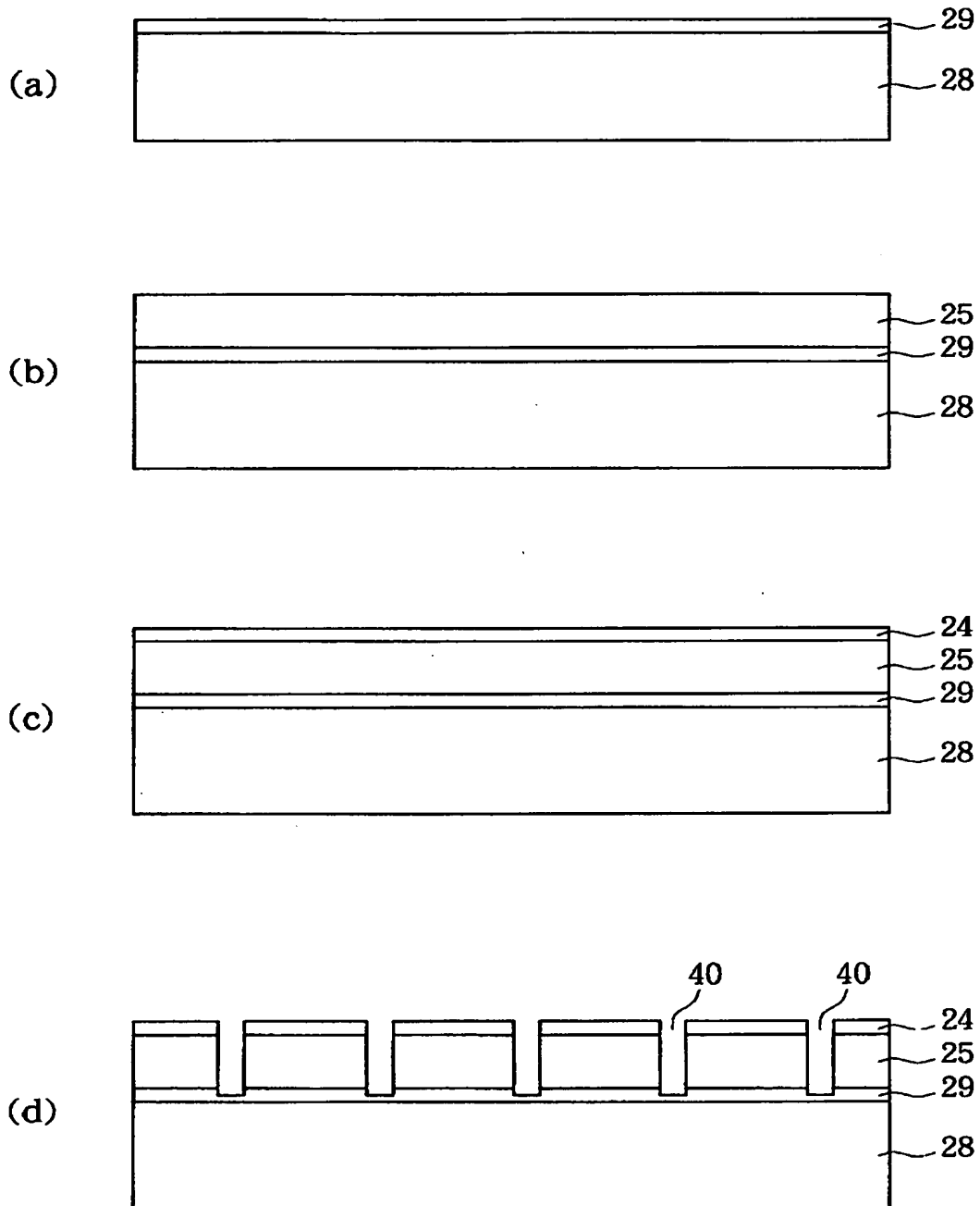
【図 1 0】



【図 1 1】

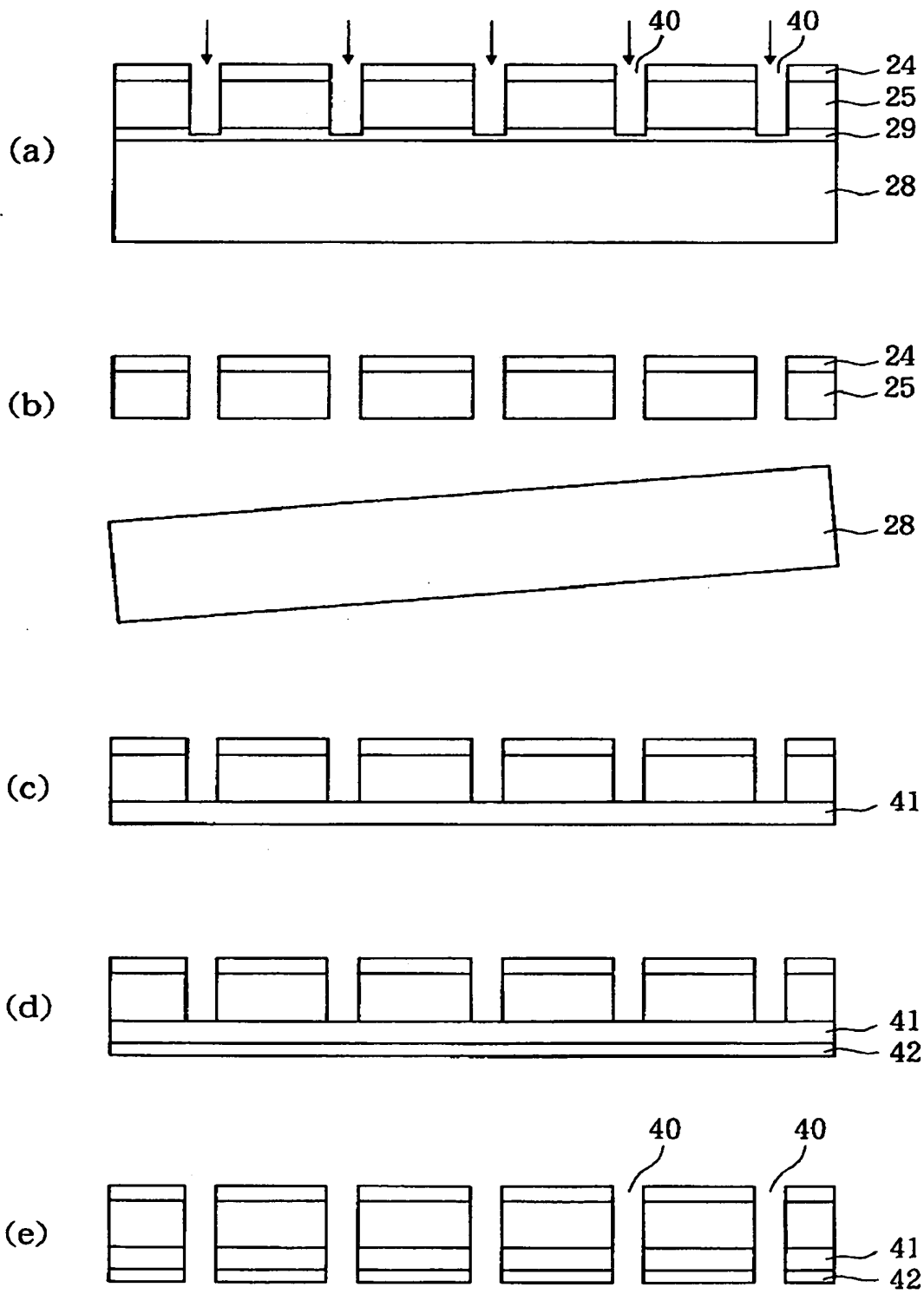


【図 1 2】

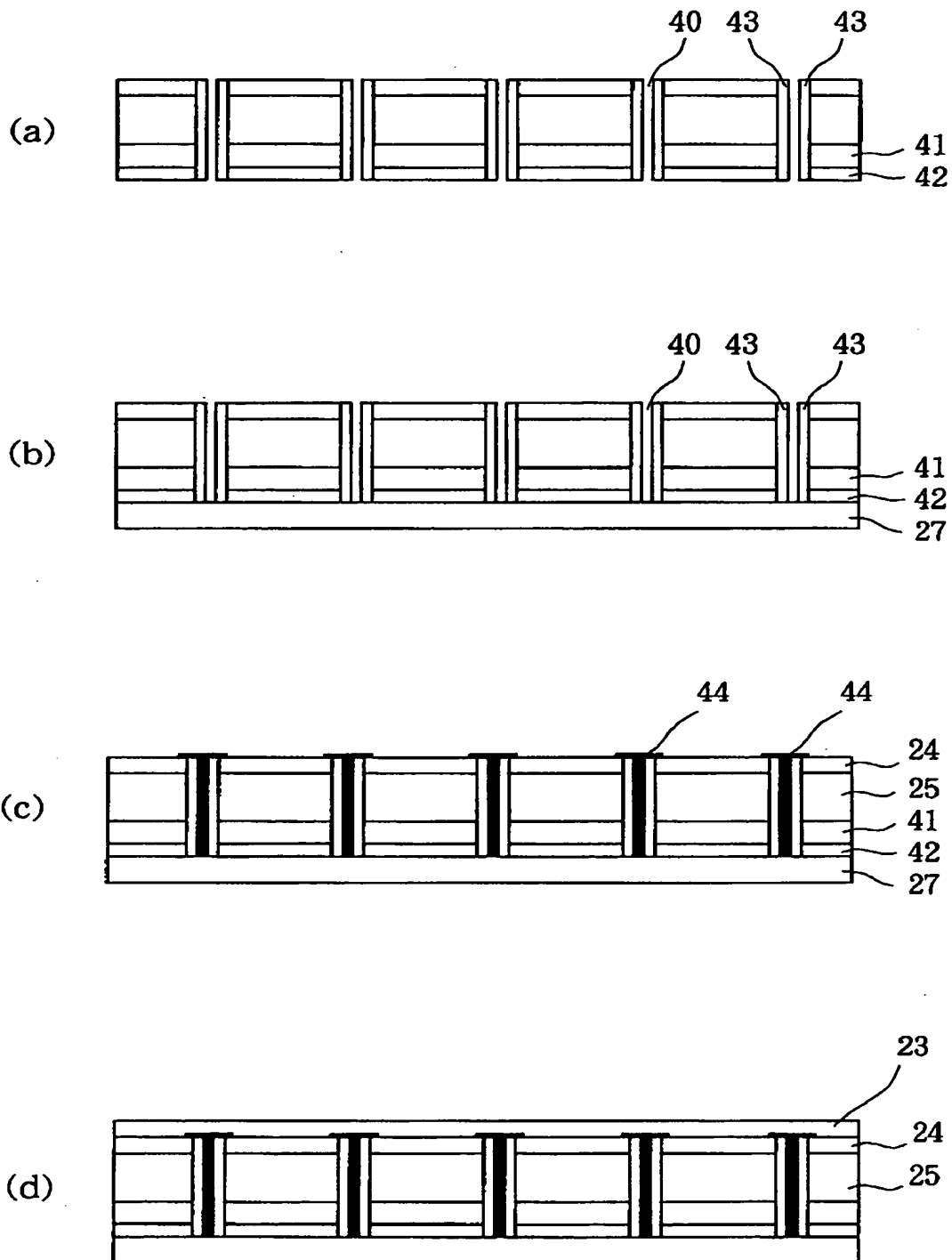




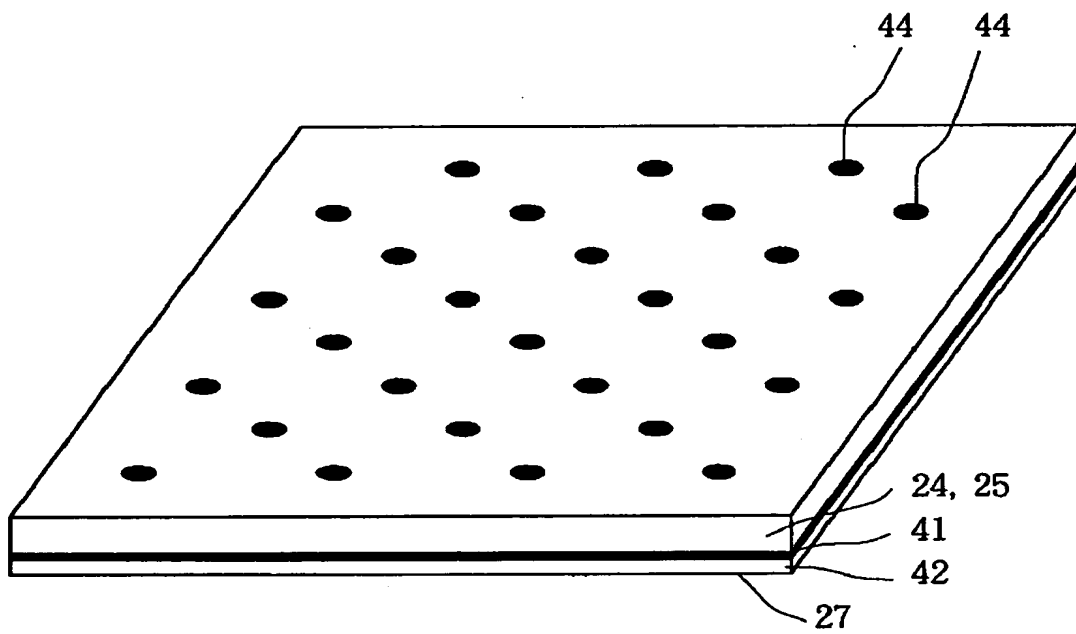
【図 1 3】



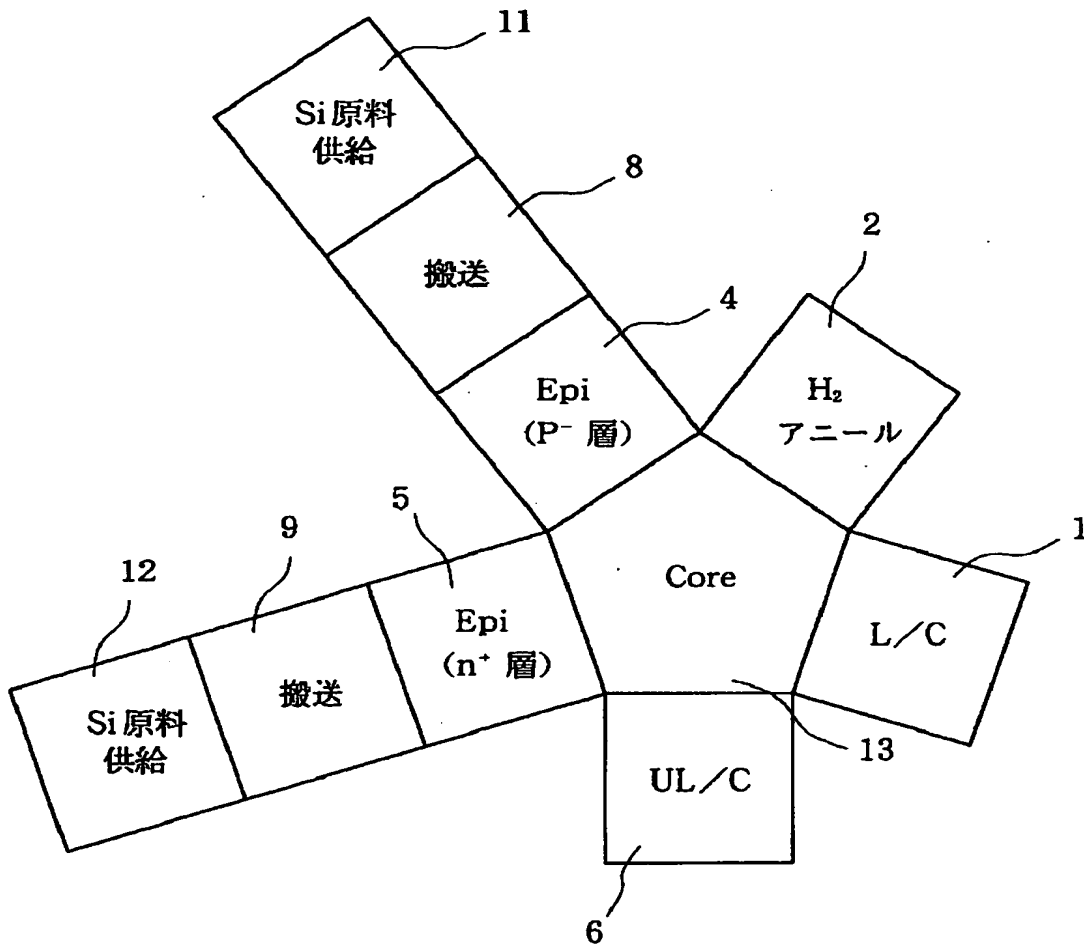
【図 1 4】



【図 1 5】



【図 1 6】

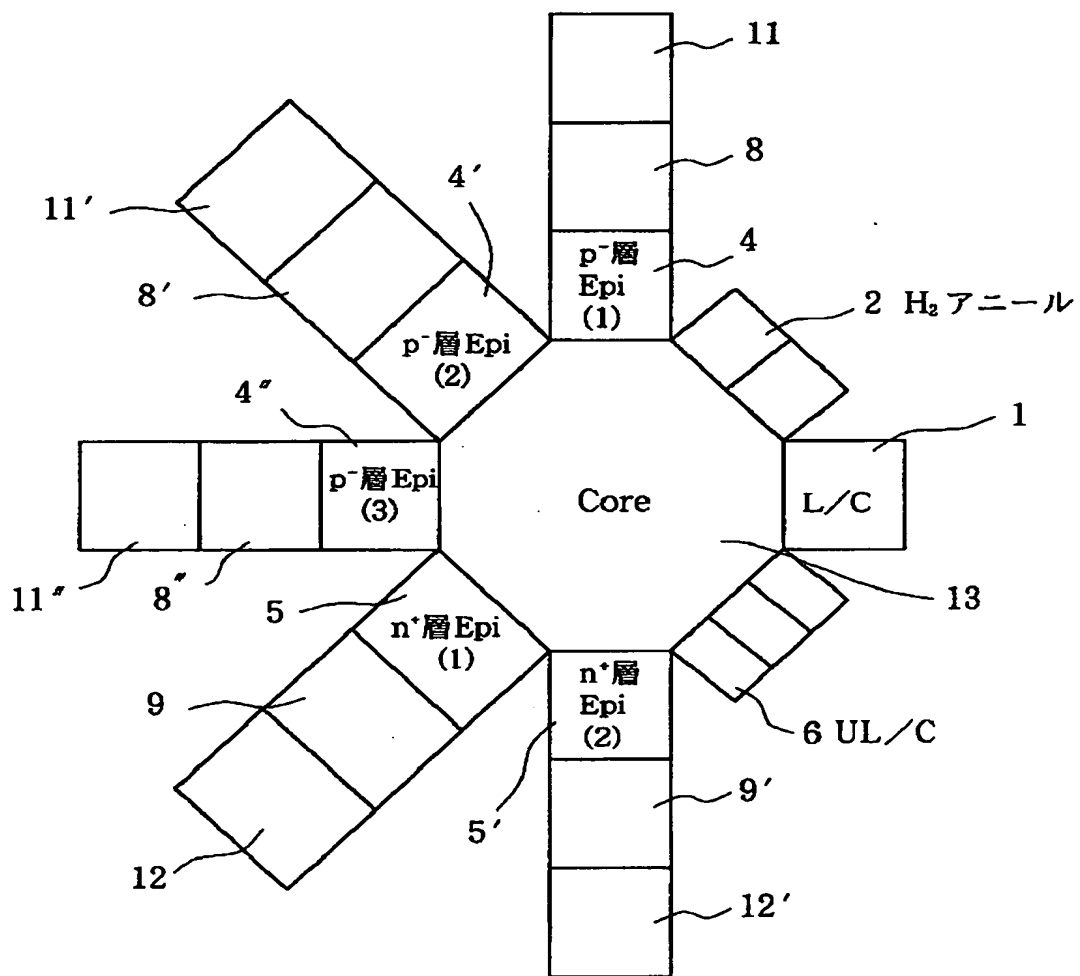


【図 1 7】

2槽型液相成長装置シーケンス (A:1バッチ目 B:2バッチ目)

時間 (分)	10	20	30	40	50	70	80	90	100	110	130	140	150	160	170	190	200	210	220	230
L/C 1																				
H <sub>2</sub> アニール 2																				
Epi (P <sup>-</sup> 層) 4																				
Epi (n <sup>+</sup> 層) 5																				
UL/C 6																				

【図 1 8】

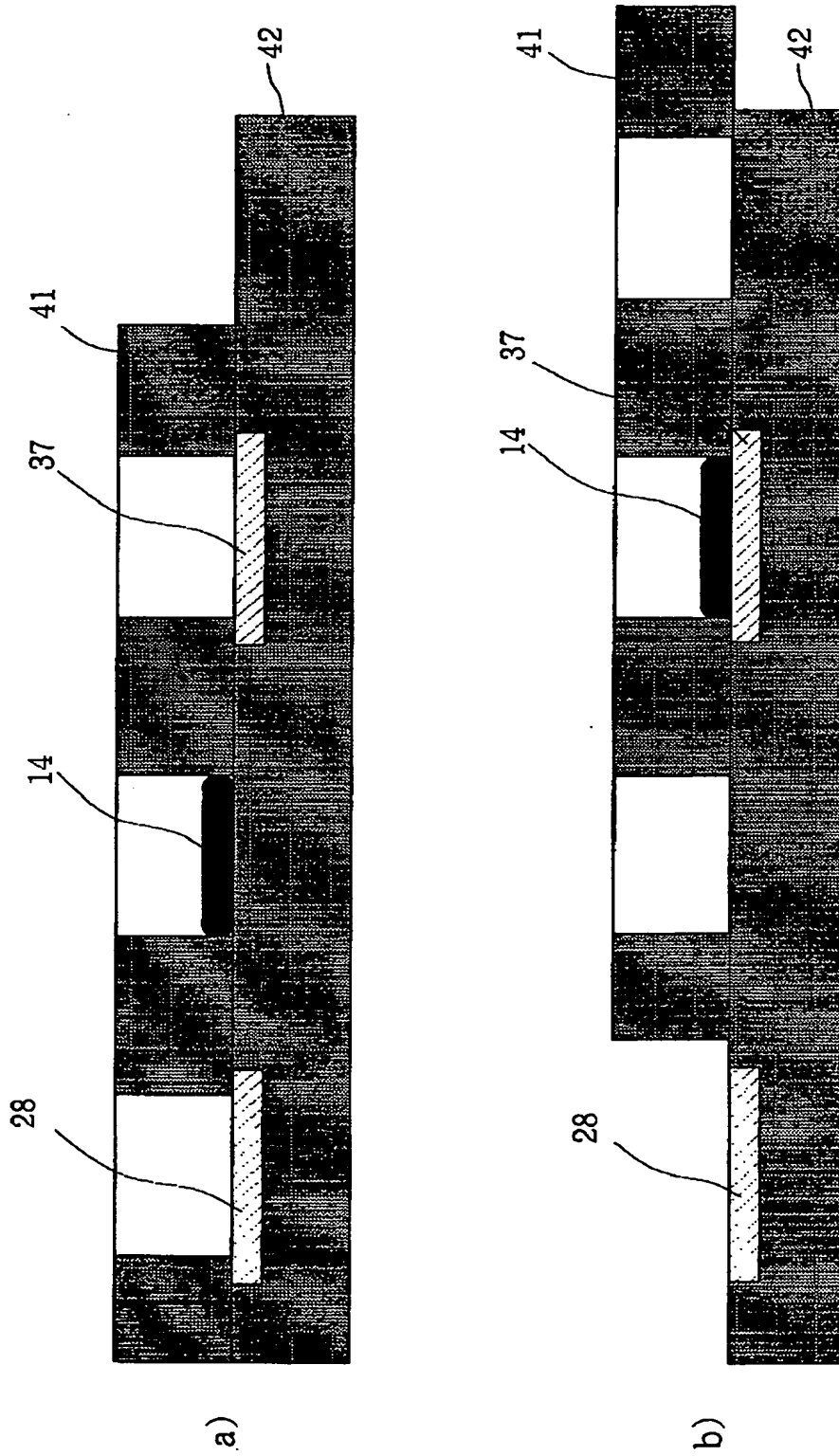


【図 1 9】

5槽型液相成長装置シーケンス (A:1バッチ目 B:2バッチ目)

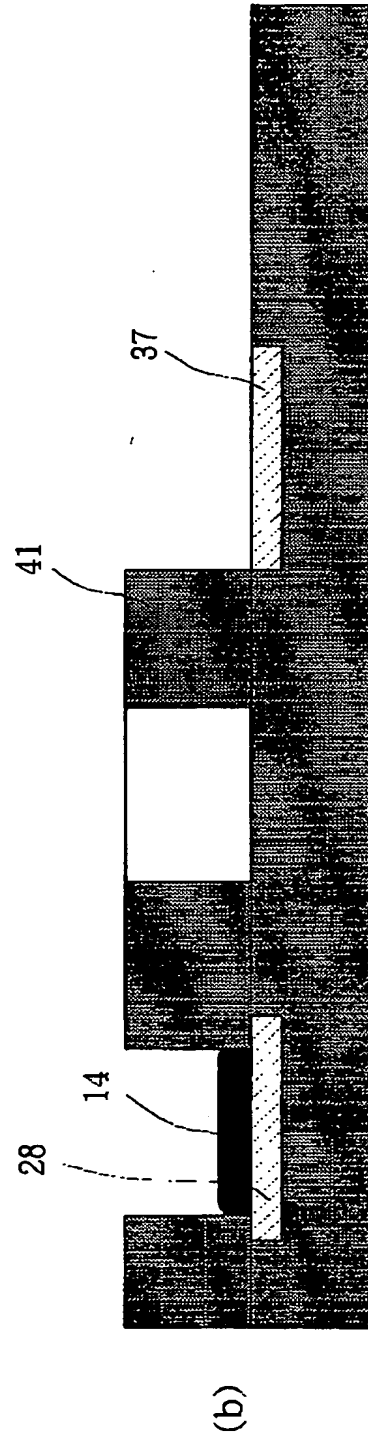
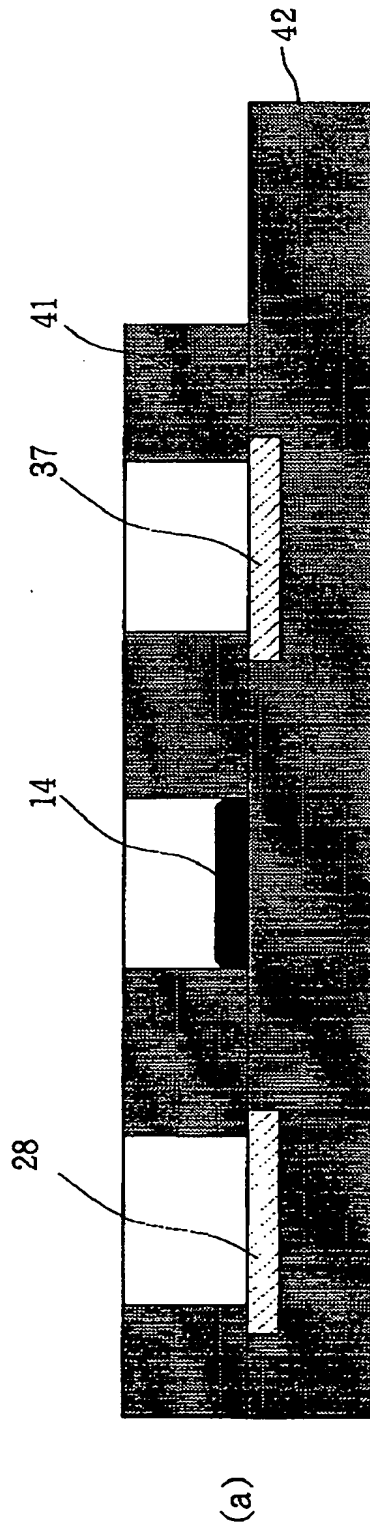
時間 (分)	10	20	30	40	50	70	80	90	100	110	130	140	150	160	170	180	190	200	210	220	230
L/C	A loading 20		B loading 20		C loading 20		D loading 20														
H <sub>2</sub> アニール	A 昇温30 anneal 10		B 昇温30 anneal 10		C 昇温30 anneal 10		D 昇温30 anneal 10														
Epi (P'層)	昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20												
Epi (P'層)	昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20												
Epi (P'層)	昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20												
Epi (n'層)	昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20												
Epi (n'層)	昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20												
UL/C	昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20		昇温 原料供給 20												

【図 2 0】





【図 2 1】



認定・付加情報

特許出願の番号	平成11年 特許願 第188466号
受付番号	59900636138
書類名	特許願
担当官	第五担当上席 0094
作成日	平成11年 7月 8日

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】

【識別番号】	000001007
【住所又は居所】	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
【氏名又は名称】	キヤノン株式会社

【代理人】

申請人

【識別番号】	100096828
【住所又は居所】	東京都千代田区有楽町1丁目4番1号 三信ビル 227号室 豊田・渡辺内外特許事務所
【氏名又は名称】	渡辺 敬介

【選任した代理人】

【識別番号】	100059410
【住所又は居所】	東京都千代田区有楽町1丁目4番1号 三信ビル 227号室 豊田・渡辺内外特許事務所
【氏名又は名称】	豊田 善雄

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000001007]

1. 変更年月日	1990年 8月30日
[変更理由]	新規登録
住 所	東京都大田区下丸子3丁目30番2号
氏 名	キヤノン株式会社